

# Del litio a la batería

## Análisis del posicionamiento argentino

Daniel Schteingart y Nadab Rajzman

---

**Documento de Trabajo N° 16**

Octubre 2021

Cita sugerida: Schteingart, D. y Rajzman, N. Del litio a la batería: análisis del posicionamiento argentino. Documentos de Trabajo del CCE N° 16, octubre de 2021, Consejo para el Cambio Estructural - Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación.

# Del litio a la batería: análisis del posicionamiento argentino

Octubre 2021

---

**Daniel Schteingart y Nadab Rajzman**

ISSN 2718-8124

Corrección y diagramación: Natalia Rodríguez Simón y Juliana Adamow

Consejo para el Cambio Estructural  
Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación

Julio A. Roca 651, Ciudad Autónoma de Buenos Aires

[info@produccion.gob.ar](mailto:info@produccion.gob.ar)

Los autores agradecen los intercambios con María Laura Delgado, Eduardo Gigante, Martín Obaya y Victor Delbuono durante la elaboración de este documento, los cuales fueron de suma utilidad para pensar acerca del potencial del sector en Argentina. Asimismo, agradecen a Igal Kejsesfman y Leonardo Pflüger los comentarios y aportes durante el proceso de corrección del documento, incorporados en este.

Los resultados, interpretaciones y conclusiones de esta obra son exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con la visión institucional del Ministerio de Desarrollo Productivo o de sus autoridades. El Ministerio de Desarrollo Productivo no garantiza la precisión de los datos incluidos en esta obra.

La serie de Documentos para el Cambio Estructural se hace circular con el propósito de estimular el debate académico y recibir comentarios.

## Autoridades

Presidente de la Nación

Dr. Alberto Fernández

Vicepresidenta de la Nación

Dra. Cristina Fernández de Kirchner

Jefe de Gabinete de Ministros

Dr. Juan Luis Manzur

Ministro de Desarrollo Productivo

Dr. Matías Kulfas

Director del Centro de Estudios para la Producción XXI (CEP-XXI)

Dr. Daniel Schteingart

## Resumen

El litio se encuentra en la actualidad en el centro del debate y no es para menos: este mineral, liviano y altamente reactivo, constituye el insumo fundamental, transversal y –al menos por ahora– irremplazable de la nueva revolución tecnológica en ciernes. La batería de ion-litio, nuevo vector de desarrollo, está transformando una gran variedad de industrias y actividades en todo el mundo y todo parece indicar que seguirá haciéndolo durante las próximas décadas, de la mano principalmente de la transición hacia la movilidad eléctrica, que hoy se avizora como clave para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero responsables del calentamiento global.

No es extraño entonces que la batería de ion-litio genere inmensas expectativas en todo el mundo, aunque a pesar de su reciente dinámica de elevado crecimiento aún representa sólo una pequeña fracción de otros mercados. En efecto, la consultora especializada CRU estimó que en 2020 la cadena de valor del litio, desde su extracción a la batería, contabilizó alrededor de USD 30.000 millones, aunque por las perspectivas de rápido crecimiento se proyectan casi USD 290.000 millones en solo una década.

A pesar de ser uno de los elementos más abundantes en la naturaleza, dada su alta reactividad química, su aprovechamiento es económicamente viable únicamente en los yacimientos con las concentraciones más elevadas. En este sentido, Argentina es un territorio privilegiado: en la región noroeste existen salares con elevadas concentraciones de litio, que constituyen la segunda fuente de este recurso en el mundo. Junto con Chile y Bolivia, nuestro país forma parte del denominado Triángulo del Litio. Si bien Argentina participa actualmente como proveedor de compuestos químicos de litio, el debate actual –en el país y en el mundo– se centra en cómo aprovechar de la mejor manera los activos estratégicos disponibles para insertarse en la nueva cadena de valor que el litio y sus baterías están construyendo a nivel global.

La celda constituye la unidad más pequeña y crítica de una batería, que se compone a grandes rasgos de dos polos (cátodo y ánodo), separados por una sustancia conductora (electrolito) y unidos por un circuito externo. Las celdas son utilizadas como bien intermedio del proceso de ensamblado: varias conforman un módulo de baterías que a su vez constituyen packs, al conectarse a placas de control y sistemas de refrigeración. Las crecientes escalas de producción –que se duplican aproximadamente cada cinco años– generan una creciente integración con la industria de vehículos eléctricos (VE) e impulsan nuevas inversiones para producir celdas y baterías en países o regiones donde esta industria muestra mayor empuje y perspectivas de crecimiento. A esto deben añadirse los ingentes esfuerzos fiscales que están realizando gobiernos de países desarrollados, incentivando la instalación de gigafactorías de baterías en sus territorios.

Por lo tanto, contar con el recurso del litio, si bien es un insumo esencial e irremplazable para la fabricación de baterías de ion-litio, puede ser necesario pero no suficiente para avanzar en la producción de celdas. Para ello es fundamental avanzar en el desarrollo de VE en sus diferentes formatos, tarea en la que Argentina se encuentra dando sus primeros pasos. En un horizonte temporal menor, la elaboración de partes de baterías –en especial cátodos– aparece como una opción más factible, aunque requiere sortear dificultades como la integración en la cadena de proveedores de las grandes empresas productoras y la disponibilidad de otros minerales como cobalto o hierro que, al menos por ahora, no se encuentran disponibles en el país.<sup>1</sup>

Argentina cuenta con dos proyectos de litio en Salta y Jujuy respectivamente, que proveyeron el 7,6% de la oferta global en 2020 y exportaron cerca de 33.000 toneladas de carbonato de litio equivalente (LCE,

---

<sup>1</sup> En particular, la producción de cobalto provino en un 67% de la República Democrática del Congo. Otros minerales utilizados, como el hierro, se encuentran en mayor abundancia en el mercado y la región.

por su sigla en inglés). Variabilidad de precios internacionales mediante, entre 2016 y 2019 aportaron entre USD 190 y 275 millones en exportaciones, cifra que disminuyó a USD 129 millones en 2020, debido a la pandemia. La ampliación de estos proyectos y la construcción de un tercero, ya en marcha, permite prever que la producción local se triplicará hacia 2024 y se acercará a las 120.000 toneladas LCE. Existen además otros siete proyectos que se encuentran evaluando métodos de producción con plantas pilotos o están próximos a hacerlo y otros 10 adicionales en etapas avanzadas. Si al menos los primeros se pusieran en marcha durante los próximos años, la capacidad productiva local podría superar las 300.000 toneladas LCE, lo que permitiría proveer el 17% de la demanda de litio global hacia 2030, con exportaciones por valores entre los USD 2.000 y 3.500 millones anuales.

No obstante, en un escenario opuesto, si no pudieran ponerse en marcha los proyectos de litio de nuestro país, existen en el mundo suficientes reservas cuantificadas para cubrir la demanda de los próximos diez años. Argentina cuenta en la actualidad con proyectos con elevadas concentraciones de litio que se pueden extraer a costos competitivos, aunque los avances tecnológicos pueden poner en riesgo esta ventaja en un futuro no necesariamente lejano. Empujar la puesta en marcha de la mayor cantidad de operaciones locales será una tarea en la que los gobiernos provinciales, con el apoyo del nacional, deberán trabajar para no dejar pasar la ventana de oportunidad abierta.

Existen diferentes alternativas para mejorar el perfil local de la producción de litio. La producción de carbonato e hidróxido de litio que se encuentran globalmente en el mercado presentan variadas diferencias y calidades. Además del grado de concentración (técnico o batería), existen diferentes niveles de pureza y composiciones químicas que impactan en el precio de mercado. En efecto, Argentina hoy percibe un precio unitario por tonelada exportada que se encuentra por debajo del promedio mundial. Si bien esto obedece a múltiples factores, la posibilidad de mejorar esa relación precio/calidad es real.

Finalmente, la reciente creación de la división de litio de YPF es una oportunidad para incrementar la participación nacional en proyectos y desarrollar aún más la cadena local de proveedores. Tanto en Chile como en Australia la mayoría de los proyectos cuentan con participación de empresas locales, lo cual permite influir en la toma de decisiones y estrategias que sigue cada uno; de esta manera, la participación local mejora la injerencia y favorece el desarrollo local. En materia de proveedores, la empresa petrolera cuenta con una larga trayectoria en sectores petroquímicos, con cierto punto de contacto con la actividad que se desarrolla en las salmueras, por lo que su experiencia y capacidad podría ser positiva para aumentar la densidad de la cadena de proveedores local.

## Índice

Introducción .....	7
1. Demanda .....	8
1.1. Baterías de ion-litio .....	8
1.2. Determinantes de la demanda de litio .....	11
1.3. Proyecciones de la demanda de litio .....	18
2. Oferta .....	19
2.1. La cadena de valor de la batería de ion-litio .....	19
2.2. Evolución reciente de la producción .....	23
2.3. Proyección de la oferta de litio .....	32
3. Panorama en Argentina .....	34
3.1. Situación de la producción de litio en Argentina .....	34
4. Conclusiones .....	39
Anexo .....	42
Glosario .....	44
Referencias bibliográficas .....	45

## Introducción

Los enormes desafíos que atraviesa el planeta en materia de calentamiento global están generando un profundo cambio en la agenda del desarrollo productivo a nivel mundial. Tras la suscripción del Acuerdo de París de 2015 –que firmaron 195 países–, los gobiernos y los sectores productivos de distintas partes del mundo comenzaron a impulsar transformaciones en las matrices productivas, con vistas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, entre los que sobresale el dióxido de carbono. En este contexto, una de las cuestiones centrales de la agenda mundial actual es cómo descarbonizar las economías.

La energía y el transporte son dos ejes fundamentales de la descarbonización. Actualmente, la energía – que en el mundo sigue produciéndose mayormente por medio de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas– explica el 73,2% de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel global; de ese porcentaje, el transporte da cuenta del 16,2%, lo cual se explica principalmente por los vehículos de transporte por carreteras, que requieren de combustibles fósiles para funcionar<sup>2</sup>. En este escenario la transformación del transporte hacia vehículos libres de emisiones, como por ejemplo los eléctricos, está cobrando cada vez mayor velocidad.

El litio es un insumo clave de las baterías de ion litio; al ser estas baterías esenciales en el funcionamiento de los vehículos eléctricos, este mineral está transformando la industria global como lo hizo el petróleo en el siglo XX. Argentina posee una dotación geológica privilegiada de este recurso, al ubicarse en el denominado Triángulo del Litio –junto a Bolivia y Chile– y constituye por sí sola la segunda fuente a nivel mundial. Esto ha abierto un debate acerca de las oportunidades que existen para utilizar la disponibilidad local de litio como palanca estratégica para mejorar su posicionamiento en la cadena de valor, sea a través de la deslocalización de actividades de las grandes empresas o mediante la promoción de capacidades locales. El presente documento se propone indagar sobre los interrogantes recién mencionados, describiendo la evolución reciente del mercado y sus principales determinantes, a fin de extraer conclusiones y hechos estilizados que ayuden a comprender la posición argentina en la cadena productiva de la batería de ion-litio y las facilidades o dificultades del país para avanzar en este sentido.

En el primer apartado se analizan los principales determinantes de la demanda, con énfasis en la batería de ion-litio y en cómo las diferentes tecnologías en desarrollo pueden afectar al mercado de litio, finalizando en un análisis de las proyecciones para la próxima década. El segundo apartado analiza los determinantes de cada eslabón productivo de la batería, su evolución reciente y las perspectivas de abastecimiento en cada uno. En tercer lugar, analizamos en profundidad el caso argentino a los fines de comprender la situación productiva actual, esto es, las obras en curso y el potencial disponible. Finalmente, se exponen las principales conclusiones acerca del posicionamiento local en la cadena productiva global, y las oportunidades y desafíos para avanzar en el mejor aprovechamiento del mineral para fomentar el desarrollo nacional.

---

<sup>2</sup> Datos provenientes del sitio [Our World in Data](https://ourworldindata.org/).

## 1. Demanda

### 1.1. Baterías de ion-litio

El litio es un metal altamente reactivo, con tendencia a desprenderse de su electrón externo, lo cual –sumado a que es el elemento sólido más liviano de la tabla periódica– hace que pueda almacenar una gran cantidad de energía con bajo peso. Por tal motivo, es un metal ideal para fabricar baterías.

En su funcionalidad básica, una batería se compone de dos polos: uno negativo (ánodo) y otro positivo (cátodo), separados por una sustancia conductora (electrolitos). Cuando una batería de litio está cargada, significa que el litio se desprendió de su electrón externo y quedó cargado positivamente; así, pasa a denominarse ion de litio, motivo por el cual se las denomina baterías de ion-litio. Al utilizarlas, los electrones fluyen desde el polo negativo al positivo (operación denominada como oxidación) a través de un circuito exterior. La diferencia de potencia entre ambos polos genera un voltaje y alimenta el dispositivo eléctrico, trasladando los iones a través del electrolito hacia el polo opuesto. Finalmente, cuando se la conecta a la red eléctrica para su recarga, ingresan electrones al polo negativo y los iones regresan nuevamente a través de los electrolitos (operación de reducción).

El cátodo puede considerarse el componente crítico de la batería; para fabricarlo existen múltiples tecnologías<sup>3</sup> y combinaciones con distintas proporciones de litio y otros minerales. Esta composición determina la capacidad y voltaje de la batería, motivo por el cual el cátodo ha sido destinatario de los mayores esfuerzos de investigación y desarrollo. Para su fabricación se obtienen primero precursores químicos. Estos son la mezcla en cantidades correctas de los minerales necesarios (por ejemplo, cobalto, níquel y manganeso para la batería NMC, o hierro y fosfatos para las LFP), a los cuales se aplica una serie de procesos químicos y luego son solidificados en hidróxidos metálicos mixtos. Posteriormente, se calcinan con carbonato de litio o hidróxido de litio, para obtener un material cátodo activo, compuesto de óxido de litio.

El polo opuesto (ánodo) permite que la corriente eléctrica fluya a través del circuito externo. Comúnmente, se utiliza grafito como material activo, ya que posee una estructura estable, baja reactividad electroquímica y alto potencial para almacenar iones de litio, además de que tiene un precio relativamente bajo.

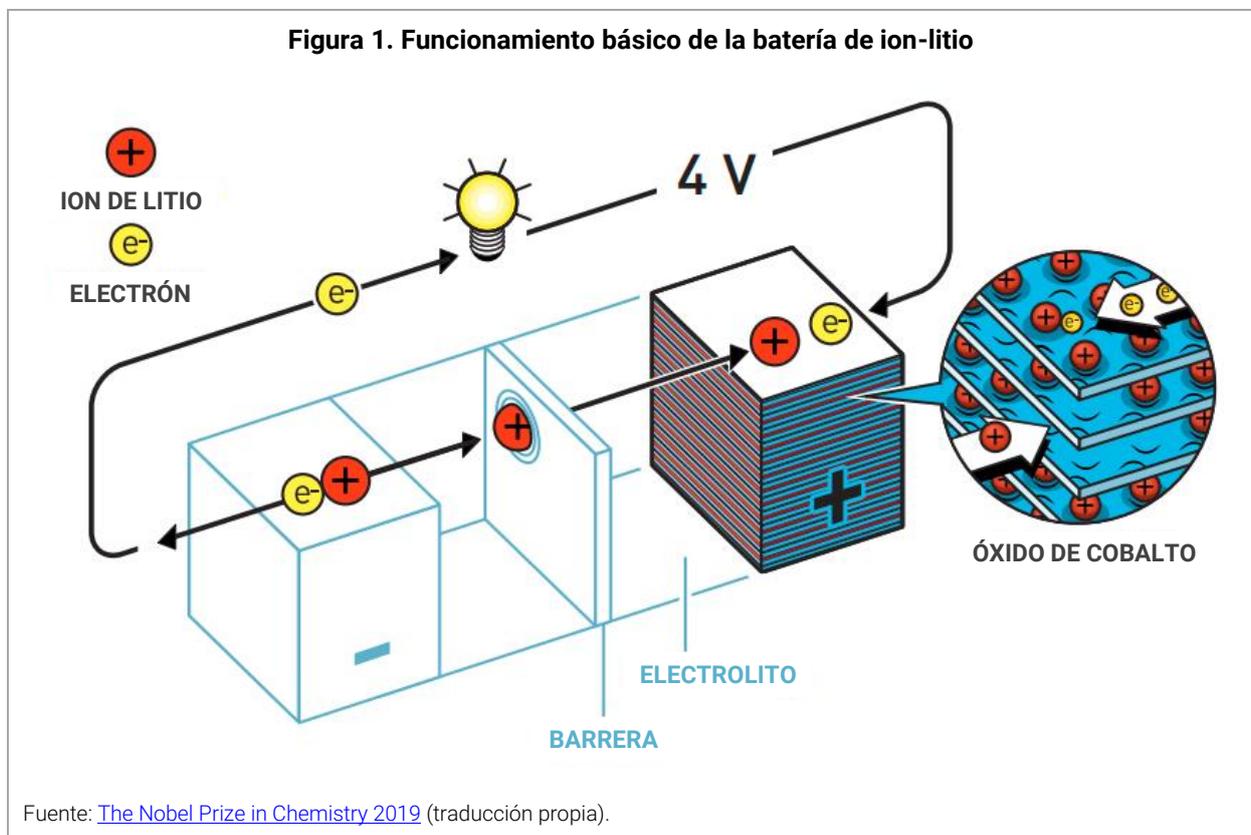
El electrolito y el separador determinan la seguridad de una batería, mientras que el cátodo y el ánodo, su rendimiento. Para el primero se utilizan principalmente materiales con alta conductividad, a fin de que los iones de litio se muevan hacia adelante y hacia atrás de la batería con facilidad. Para su elaboración se utilizan sales –son el paso para el traslado de los iones de litio–, disolventes y aditivos, en pequeñas cantidades para fines específicos. Al crearlo de esta manera, únicamente los iones se mueven a través del electrolito y no se deja paso a los electrones. El separador funciona como una barrera física entre cátodo y ánodo. Evita el flujo directo de electrones y deja que solo los iones pasen a través del orificio microscópico interno. Usualmente se utilizan resinas sintéticas como polietileno y polipropileno para su fabricación.

La unión de todos estos componentes conforma las celdas de una batería. Si bien existen diferentes tecnologías, las que utilizan litio presentan ventajas por sobre otras convencionales, entre las cuales se pueden destacar las siguientes (Reddy, 2011):

---

<sup>3</sup> Entre las más utilizadas se encuentran las baterías LCO, NCM, LFP (ver glosario).

1. Las baterías de ion-litio tienen voltajes superiores.
2. Tienen alta densidad energética por volumen, lo cual optimiza la utilización de peso y espacio.
3. Funcionan en un amplio rango de temperaturas.
4. Buena densidad de potencia: están diseñadas con la capacidad de entregar energía a altos niveles de corriente y potencia.
5. Su descarga plana, con voltaje y resistencia constantes durante la mayor parte de la descarga, otorga estabilidad en la provisión de corriente y protege los equipos.<sup>4</sup>
6. Tienen una vida útil superior, dado que se pueden almacenar durante períodos prolongados e incluso a temperaturas elevadas.



La inestabilidad atómica del litio hizo que el desarrollo de baterías de ion-litio no fuera sencillo. Recién en la década del 70 se incrementaron los esfuerzos de investigación, motivados por la crisis que elevó los precios del petróleo. Sin embargo, tomó alrededor de dos décadas que Sony pudiera comercializar la tecnología que utiliza un cátodo de óxido de cobalto-litio (denominada comercialmente por sus siglas, LCO).

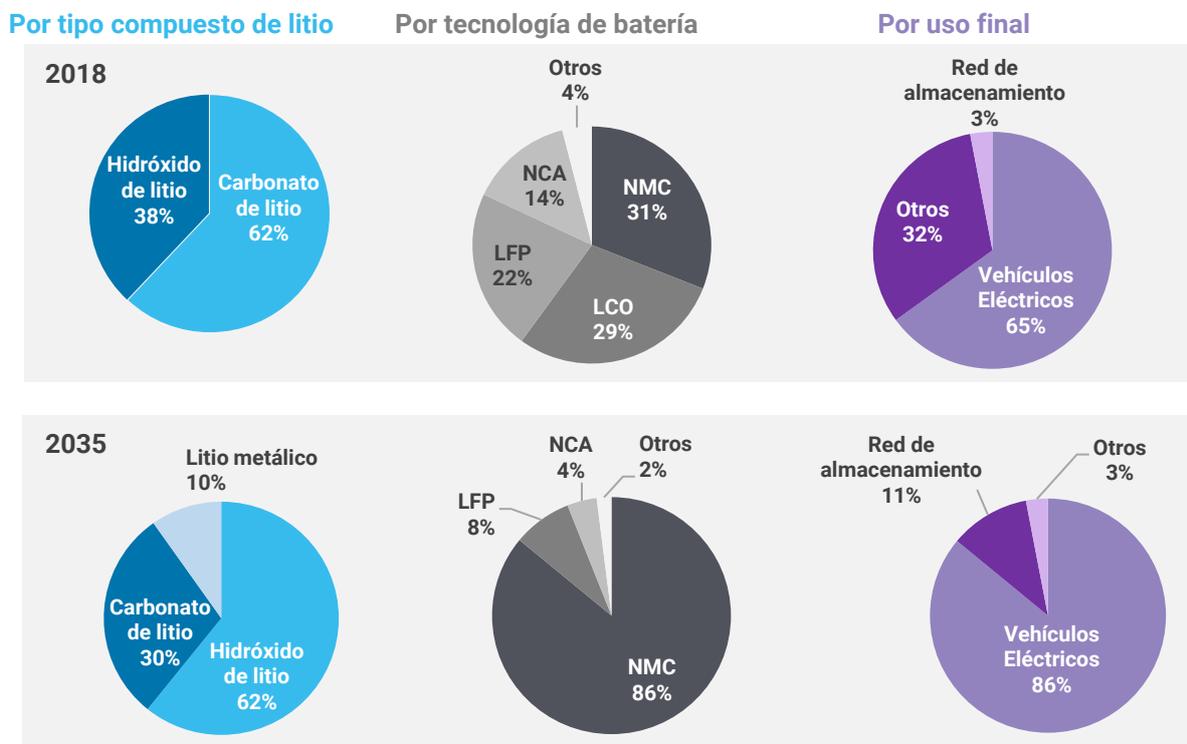
<sup>4</sup> La ley de Ohm establece que: Corriente (amperes) = voltaje (voltios) / resistencia (Ohm).

Las baterías continúan en evolución y hoy conviven distintas tecnologías. Su principal diferencia se encuentra en su composición: la participación del litio en el material de los diferentes tipos de cátodos varía entre el 4,1% y 8,4% de su volumen (LaRocca, 2020). A pesar de su contenido relativamente bajo, el litio es el único material que no es reemplazable y se encuentra presente en todas las variantes químicas.

Luego de la difusión de las baterías LCO, se desarrollaron diferentes tipos de baterías ion-litio, en las que se mantiene la composición de grafito del ánodo y varía la del cátodo. La tecnología con níquel-manganeso-cobalto (NMC) presenta mayor densidad energética, lo que brinda a las baterías mayor nivel de autonomía –período sin necesidad de recarga–; por tal motivo, esta tecnología se proyecta como la de mayor difusión en el futuro. La variante de fosfato de hierro y litio (LFP) cuenta con menor densidad energética, aunque los minerales utilizados más abundantes la muestran como una alternativa más económica para elaborar baterías de mayores dimensiones; además, tienen una mayor vida útil y rapidez de recarga, lo que las hace atractivas para ser utilizadas en sistemas de almacenamiento, buses eléctricos y transporte pesado.

En definitiva, para el futuro se espera un predominio de la tecnología NMC en los VE de menor porte y una prevalencia de la LFP para usos pesados, en los que se requieren baterías de mayores dimensiones. Esto tiene consecuencias para el proceso productivo ya que el compuesto que utiliza la primera es hidróxido de litio, mientras que las LCO y LFP requieren carbonato de litio.

**Gráfico 1. Demanda de litio según su uso final, 2018 y proyección 2035**

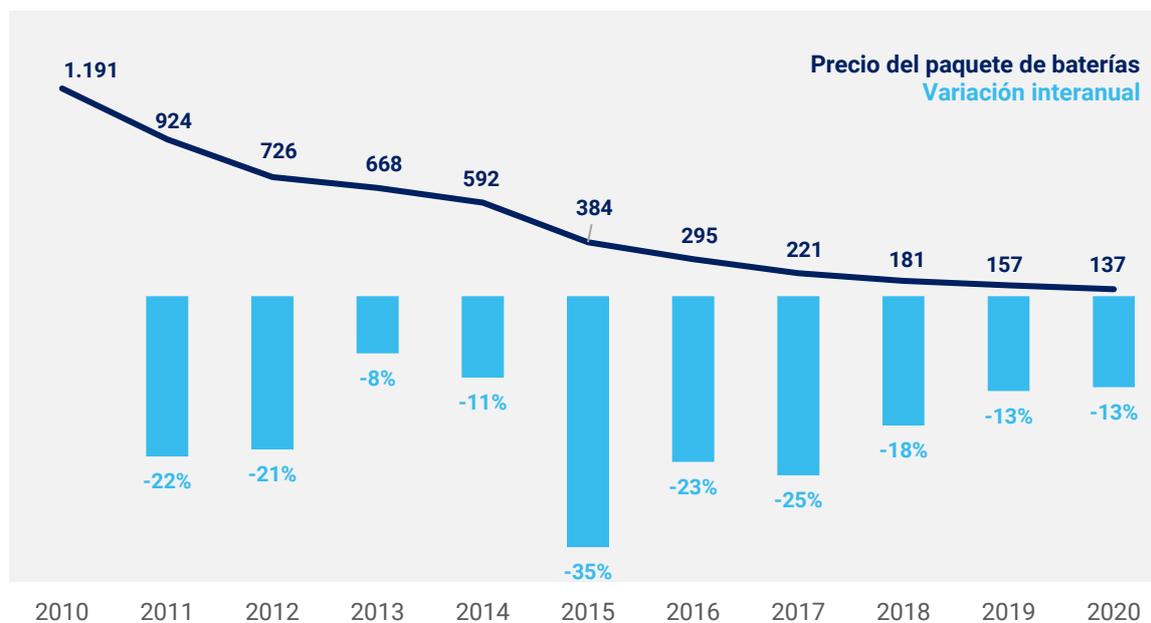


Fuente: elaboración propia con base en Pilbara Minerals (25 de febrero de 2020).

La disminución de los precios de referencia de las baterías resulta fundamental para mejorar el grado de difusión de los VE. La batería es un componente crítico en la cadena de valor y es el más costoso: representa entre el 35% y el 45% de su valor final (Eddy *et al.*, 2019). Podría decirse que, en términos relativos, los VE ya son competitivos y más baratos que los automóviles de gasolina tradicionales, considerando los ahorros de gasolina, mantenimiento y valor de reventa. No obstante, una reducción de los precios los volvería más atractivos al público, en simultáneo con los avances necesarios en la construcción de infraestructura de recarga.

Se estima que la paridad de costos entre los vehículos eléctricos y los tradicionales a combustión se alcanzará cuando las baterías de ion-litio crucen la barrera de los USD 100 el kWh (LSC Lithium Corporation, diciembre de 2018), lo que muchos analistas prevén que sucederá en algún momento a partir de 2025 (BloombergNEF, 2021a).

**Gráfico 2. Evolución de precios de referencia (dólares por kWh) de las baterías de ion-litio, 2010 a 2020**



Fuente: elaboración propia con base en BloombergNEF (2021a).

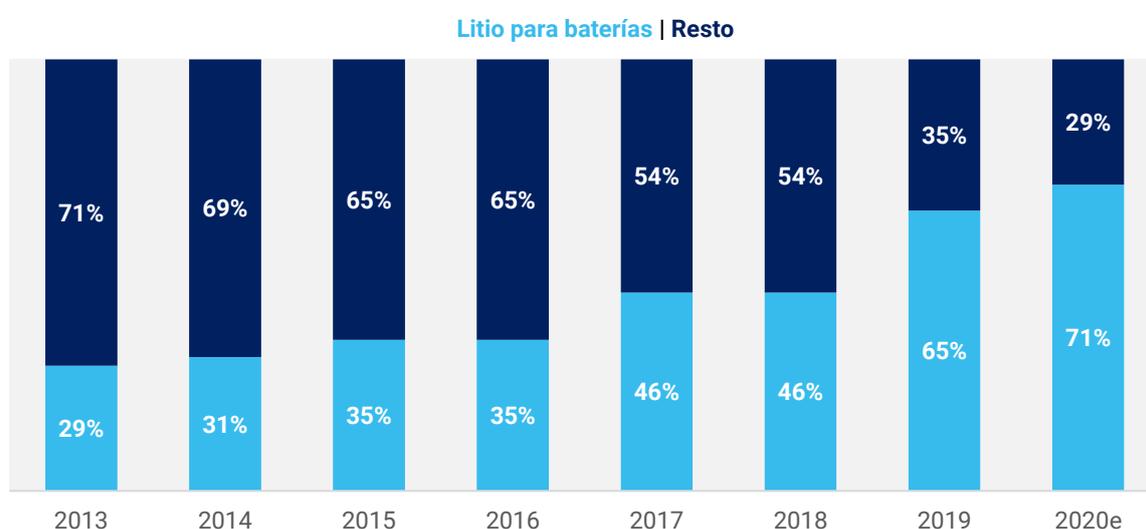
## 1.2. Determinantes de la demanda de litio

La batería de ion-litio fue introducida para uso masivo por primera vez en 1991. Sony –empresa pionera en la innovación– logró un éxito comercial casi inmediato al colocar en sus dispositivos eléctricos baterías significativamente más livianas que las utilizadas hasta ese momento, al incorporar mayor capacidad de almacenamiento de energía, extender consecuentemente la duración de la carga y posibilitar la recarga simplemente enchufando los dispositivos.

El litio –hasta entonces utilizado exclusivamente para hacer que vidrios y cerámicas fueran más resistentes a los cambios de temperatura, para mejorar la tolerancia al calor de grasas y aceites, para

alivianar componentes estructurales de la industria aeronáutica en aleaciones, para elaborar polímeros e incluso psicofármacos– comenzó a ser demandado para la elaboración de baterías. Desde entonces, la difusión de esta tecnología creció de la mano de las mejoras incrementales. En las últimas décadas, una infinidad de dispositivos eléctricos de uso cotidiano incorporaron las baterías de ion-litio, hasta convertirse en la tecnología *mainstream* del mercado. En efecto, la revolución de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) se encuentra íntimamente ligada al uso de baterías de litio, que permitieron reducir el tamaño de teléfonos, computadoras y dispositivos, haciéndolos más prácticos su transporte.

**Gráfico 3. Evolución de la participación de la demanda de litio para baterías, 2013 a 2020 (estimación)**



Nota: la categoría resto incluye grasas, aceites, polímeros, aleaciones y otros.  
Fuente: elaboración propia con base en U.S. Geological Survey.

En la actualidad, la imperiosa necesidad de reducir las emisiones de carbono para mitigar el cambio climático brinda un nuevo impulso al uso de baterías de ion-litio. Nuevos desarrollos, sumados a la permanente reducción de los costos, permiten avanzar en el reemplazo de los tradicionales vehículos a combustión por vehículos híbridos o eléctricos (VE).

La retracción de la economía global, producto de la pandemia de COVID-19 –en especial durante la primera parte del año– se tradujo en una fuerte caída de las ventas de automóviles. Según datos de International Organization of Motor Vehicle Manufacturers (OICA), se vendieron 77,9 millones de unidades en el mundo, lo cual implica una retracción del 13,8% respecto de 2019. No obstante, las ventas de VE se incrementaron: en 2020 se vendieron 2,98 millones de unidades (IEA, 2021b) entre eléctricos e híbridos, un 42% más que el año anterior (2,1 millones), con lo que su participación en el mercado de vehículos subió al 4,4%.

El crecimiento de los VE en el mercado tuvo como correlato la ampliación o creación de nuevos programas de apoyo para el segmento. Por un lado, dada la mayor autonomía de las baterías, su

rendimiento y la oferta de modelos, el segmento eléctrico se posicionó como la mejor opción para el recambio de vehículos. En segundo lugar, debido a las cuarentenas aplicadas para mitigar la propagación de COVID-19, los sectores de mayor poder adquisitivo (en especial de los países del hemisferio norte) relegaron el uso de transporte público y privilegiaron el privado. Otro factor que pudo haber impulsado las ventas de VE es la mayor preocupación de los consumidores por la contaminación del aire, exacerbada por la pandemia, ya que se vinculó el estado del aire con el grado de mortalidad del virus. Finalmente –y vinculado con el punto anterior–, existieron campañas de concientización y establecimientos de etiquetas sobre el uso eficiente del combustible y sobre emisiones de carbono (IEA, 2020).

Europa lideró las ventas de VE por primera vez, con cerca de 1,4 millones de nuevos registros en 2020, casi el triple que el año anterior, aunque China continuó ocupando el puesto del país de mayores ventas, con casi 1,2 millones de unidades (un crecimiento del 9% respecto de 2019). Dentro de Europa, las ventas fueron lideradas por Alemania que, con 394.000 unidades, mostró un significativo crecimiento (+264%), seguido por Francia con 185.000 (+198%) y el Reino Unido con 176.000 (+183%). En Norteamérica, Estados Unidos vendió 295.000 VE, lo cual significó una caída del 9,5%, mientras que Canadá no mostró variaciones significativas, manteniéndose en 51.000 unidades (gráfico 4).

**Gráfico 4. Ventas de vehículos eléctricos, segmento liviano para pasajeros (híbridos y eléctricos), en millones de unidades y participación sobre las ventas totales**



Nota: los datos de 2020 son preliminares.

Fuente: elaboración propia con base en IEA (2021b).

Ahora bien, los avances en materia de electromovilidad a nivel global no ocurrieron de manera espontánea: se enmarcan en diferentes iniciativas globales impulsadas por la necesidad de reducir la emisión de gases de efecto invernadero. A los diferentes acuerdos entre naciones y proclamas –con el mencionado Acuerdo de París de 2015 como el más relevante–, siguieron políticas específicas para avanzar en dicha dirección.

En particular, para apoyar y estructurar una naciente industria de vehículos eléctricos, los gobiernos han financiado desarrollos enfocados en incentivar tanto a los productores como a los consumidores (IEA, 2020). Respecto a esto último, por ejemplo, se implementaron subsidios y reducción o eliminación de impuestos, a fin de equiparar los valores de venta más elevados de los VE frente a los tradicionales y de esta manera reducir las barreras de adopción entre los consumidores. Con un enfoque similar, algunos países aplicaron impuestos que penalizan la venta de vehículos que emiten CO<sup>2</sup> (IEA, 2021b).

El financiamiento gubernamental se encuentra en constante aumento, aunque en 2019 disminuyó por primera vez (poco más del 15%), debido a un cambio de enfoque en los mecanismos de subsidios implementados, pasando de estrategias de subvención directa a otras indirectas, como regulaciones, que buscan dar señales tanto a la industria como a los consumidores (IEA, 2020). En 2020 el gasto de los países miembros de la Iniciativa de Vehículos Eléctricos<sup>5</sup> superó los USD 14.000 millones (IEA, 2021b). Si bien esta cifra representó un aumento interanual del 25%, su participación en el gasto total cayó desde un 20% en 2015 hasta un 10% en 2020.

**Gráfico 5. Gasto en vehículos eléctricos, según su origen: consumidores y gobiernos nacionales, en miles de millones de dólares de 2019**



Fuente: elaboración propia con base en IEA (2021b).

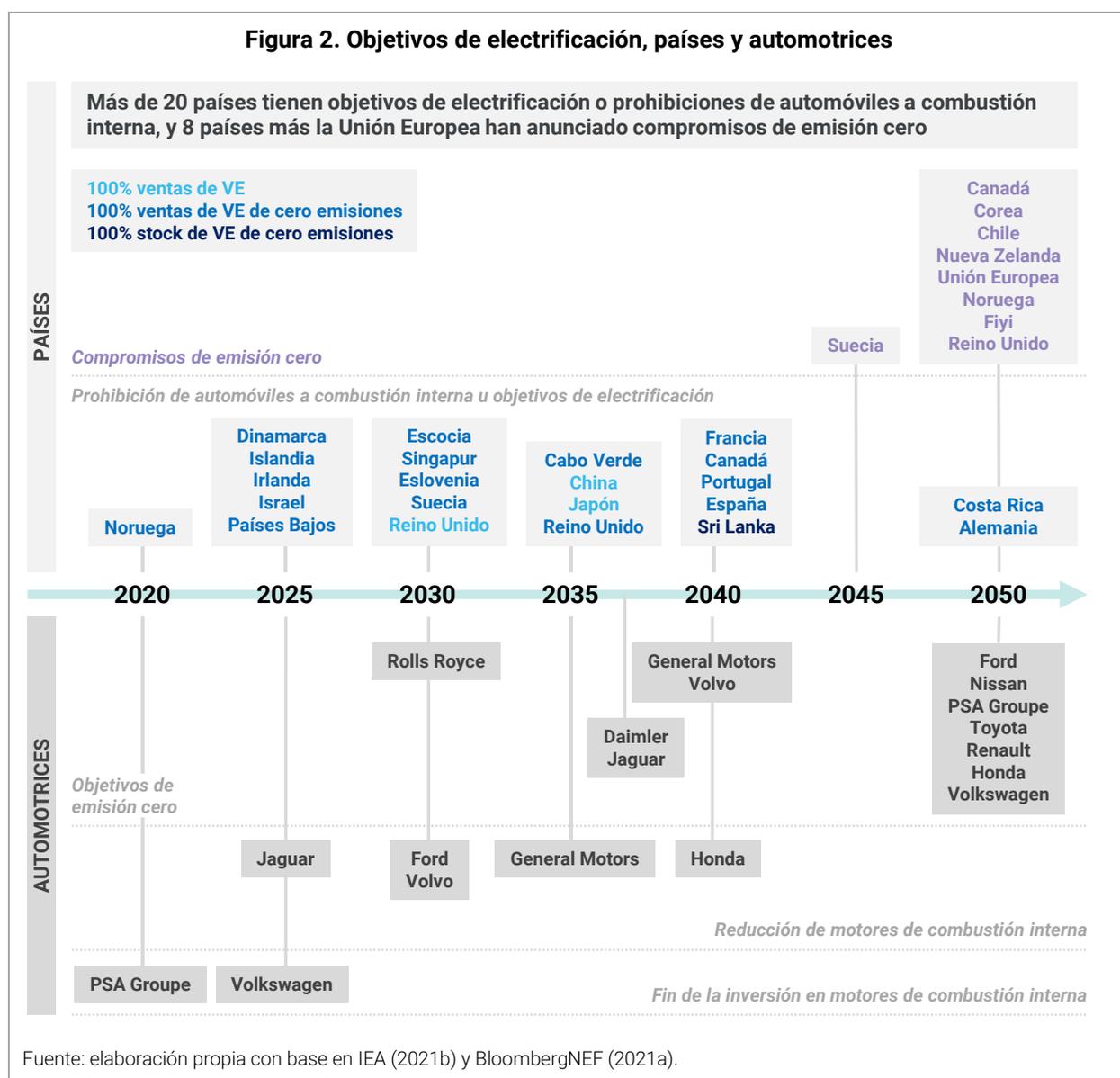
Las empresas productoras de VE y sus partes también han recibido apoyo financiero por parte de los gobiernos. En efecto, los principales desarrollos de la industria se llevaron adelante a partir de programas públicos, que permiten avances tecnológicos y reducciones de costos. Las políticas de desarrollo productivo verde ya han superado la dimensión únicamente ambiental y se han constituido en una verdadera estrategia de competencia internacional, a partir de instrumentos potentes como subsidios, beneficios fiscales y barreras paraarancelarias.

La American Recovery and Reinvestment Act de 2009 puso a disposición USD 80.000 millones en subsidios y exenciones impositivas para la investigación, desarrollo y difusión de tecnologías limpias. El

<sup>5</sup> Actualmente participan de esta iniciativa 15 países: Canadá, Chile, China, Finlandia, Francia, Alemania, India, Japón, Países Bajos, Nueva Zelanda, Noruega, Polonia, Portugal, Suecia y Reino Unido.

mismo año, China lanzó su "Plan de conformación y revitalización de la industria automotriz", con instrumentos de financiamiento de I+D e infraestructura de recarga, compras públicas, subsidios y exenciones impositivas a las compras privadas, entre otras (Baruj *et al.*, 2021). Según información de la [Joint Research Centre de la Unión Europea](#) (JRC-UE), que anualmente presenta un ranking con las 2.500 empresas más innovadoras, las empresas automotrices y autopartistas de origen chino incrementaron un 412,3% su gasto en I+D entre 2013 y 2019, y ya alcanzan el 6,8% de participación en el sector. Solo en 2020, Alemania asignó € 8.000 millones para apoyar específicamente las ventas de VE (IEA, 2021b).

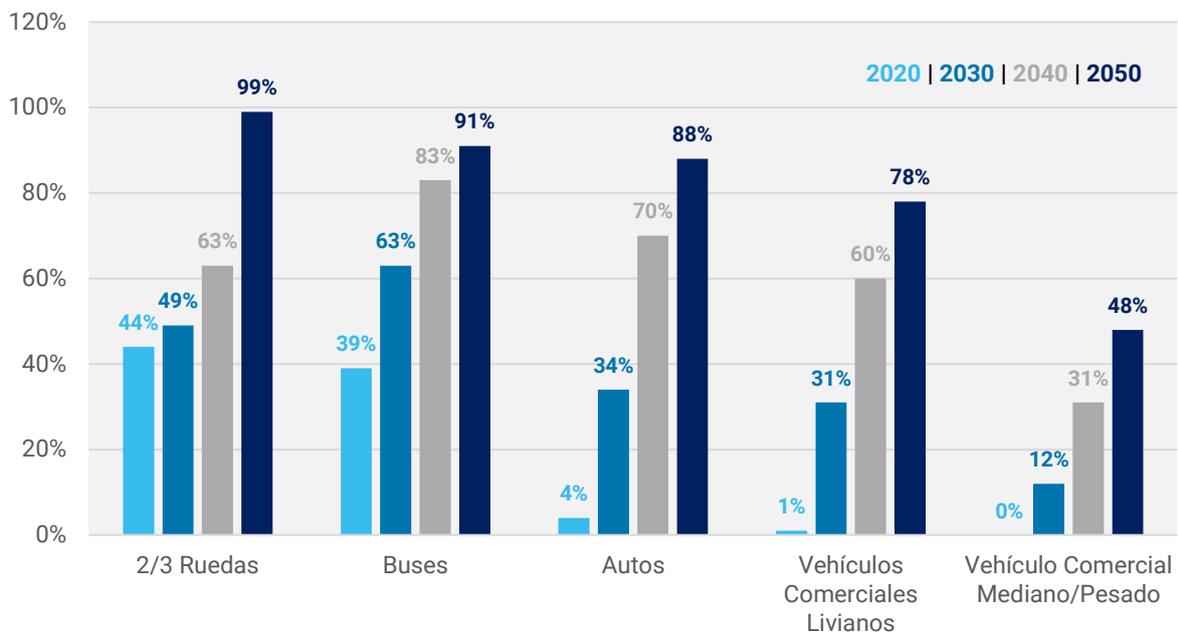
Más recientemente, legislaciones específicas establecieron objetivos de eliminación gradual o definitiva en la venta de vehículos que utilizan combustibles fósiles (IEA, 2021b). Asimismo, en un movimiento espejo, las automotrices anunciaron sus propios objetivos de sustitución en sus ventas. Otras medidas similares incluyen zonas de acceso restringido para transportes de carga con motores a combustión (figura 2).



Vale tener en cuenta que la electrificación de los vehículos automotores no es homogénea. Los vehículos eléctricos de gran porte y de larga distancia (como por ejemplo camiones) enfrentan una curva de electrificación más lenta en comparación con los livianos y los buses urbanos. Las razones son varias: los vehículos pesados requieren mayor energía y capacidades de baterías; a su vez, las largas distancias de transporte son por ahora un obstáculo a la electrificación, habida cuenta de que las autonomías de los vehículos eléctricos son más acotadas que en el caso de los de combustión interna (y los tiempos de recarga de baterías son mucho mayores que los de un tanque de combustible convencional). Debido a todo esto, la mayoría de los vehículos eléctricos pesados se orienta en la actualidad a un uso en entornos urbanos acotados, por ejemplo, en el reparto de mercaderías o recolección de basura. A pesar de ello, el mercado continúa creciendo, dominado por China, que concentra alrededor del 95% de las ventas en los segmentos pesados y de larga distancia. En 2020, el parque de buses eléctricos en el mundo se incrementó, hasta promediar las 600.000 unidades en circulación, mientras que para camiones pesados se ubica en torno a las 31.000 unidades (IEA, 2021b).

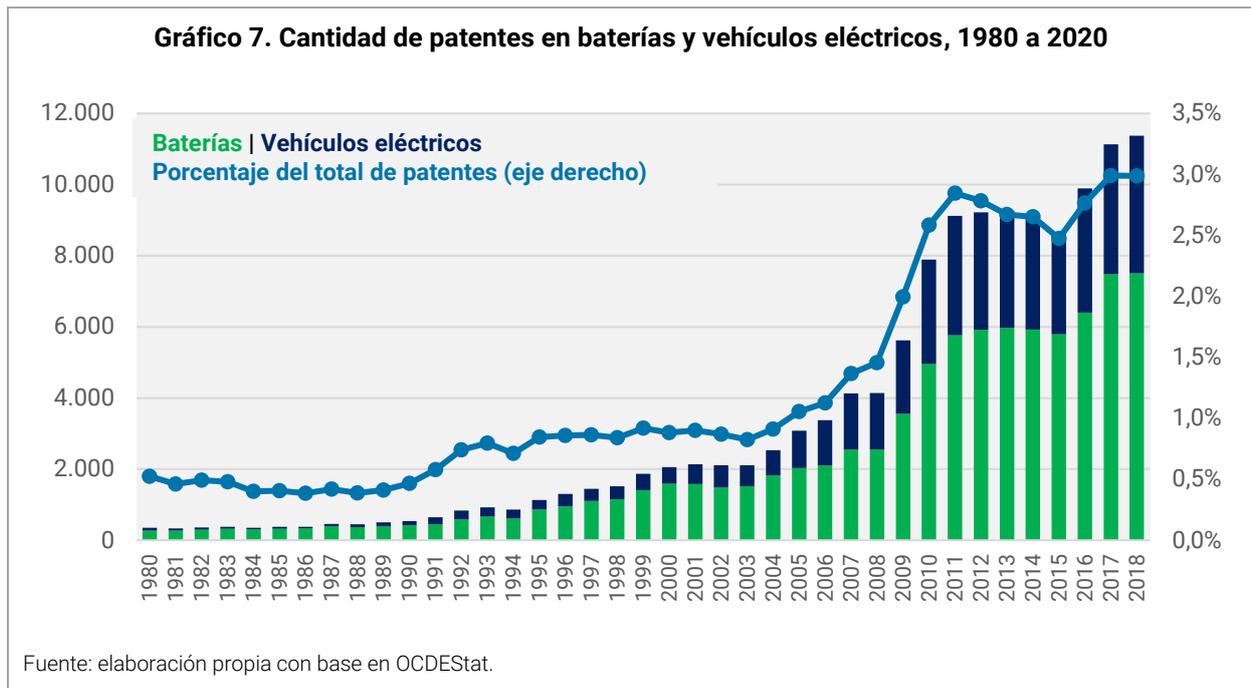
Finalmente, según la división de investigaciones y análisis de BloombergNEF (2021a), la micromovilidad eléctrica (2 y 3 ruedas) aumentó en la segunda mitad de 2020 y ya alcanza al 44% del total de los vehículos de estas características, algo que se aceleró con la pandemia de COVID-19 y por la construcción de carriles exclusivos y otras medidas (gráfico 6). De esta manera, las distancias medias de viaje en patinetas eléctricas aumentaron alrededor de un 25% respecto de la prepandemia (Heineke *et al.*, 16 de julio de 2020) y la oferta global de bicicletas eléctricas con mayor potencia se expande, al igual que en el caso de patinetas o ciclomotores, desplazando en parte el uso de automóviles o del transporte público.

**Gráfico 6. Participación global de VE en las ventas, situación actual y proyecciones según segmentos escenario de transición económica**



Fuente: elaboración propia con base en BloombergNEF (2021b).

Otra aplicación de las baterías de ion-litio con un desarrollo más que prometedor para la próxima década son los sistemas de almacenamiento. Como se ve en el gráfico 7, la cantidad de patentes ligadas a baterías y a vehículos eléctricos viene creciendo sostenidamente en los últimos años, y en 2018 llegó a explicar el 3% del total de las patentes a nivel mundial.



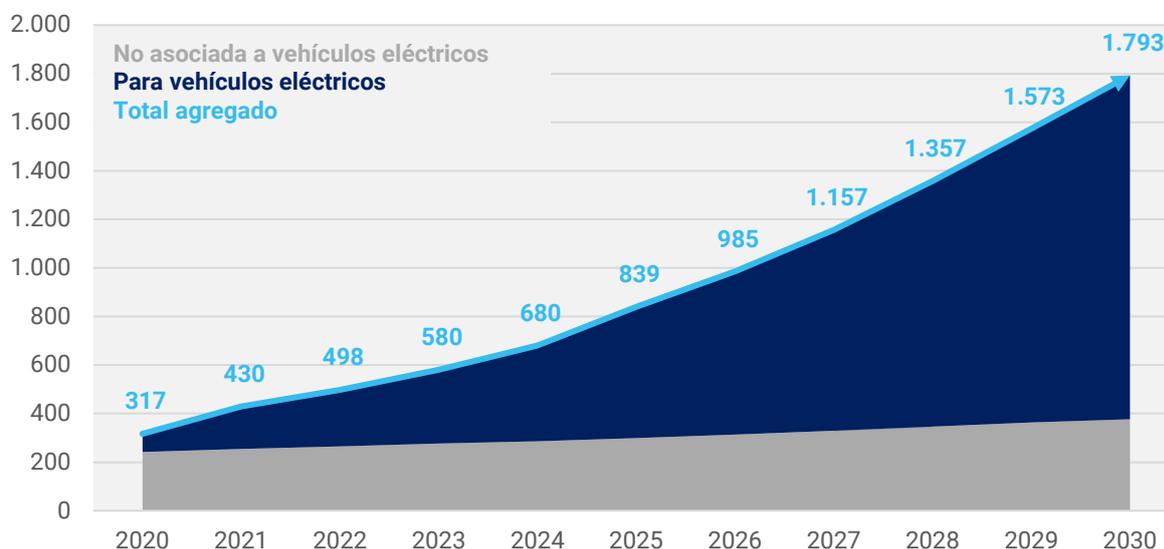
Parte de este gran auge en la I+D ligada a los sistemas de almacenamiento tiene que ver también con las limitaciones de las energías renovables –particularmente la eólica y la solar–, que presentan el problema de la intermitencia (la eólica solo genera energía cuando sopla el viento y la solar cuando hay radiación solar). Al día de hoy, para lidiar con tal intermitencia, los países complementan las energías renovables con las provenientes de los combustibles fósiles, lo cual termina por poner un límite a la descarbonización de la matriz energética.

Las baterías de ion-litio, al almacenar energía, tienen un enorme potencial para hacer sinergias con las energías renovables y, de esta manera, mitigar el problema de la intermitencia y ampliar el horizonte de descarbonización. En otros términos: pueden almacenar energía generada de fuentes renovables, mejorando su disponibilidad para su distribución en la red eléctrica. Si bien esta modalidad es poco utilizada en la actualidad, se estima que crecerá y que representará el 11% de la demanda de litio en 2030 (Pilbara Minerals, 25 de febrero de 2020). El almacenamiento en baterías mejorará también la utilización de energías renovables a baja escala, como paneles solares en techos de complejos habitacionales o generadores eólicos de menores dimensiones, que permitirán garantizar el abastecimiento en locaciones alejadas o con problemas de conexión a la red eléctrica.

### 1.3. Proyecciones de la demanda de litio

Las proyecciones de consumo global de litio elaboradas por Cochilco (2020) indican que la demanda se quintuplicará en 10 años, impulsada por el crecimiento en su uso para baterías de ion-litio en vehículos eléctricos, los cuales darían cuenta del 90% del aumento del consumo de litio en la próxima década. Si bien el gran salto lo darán los VE (cuya demanda de litio se multiplicaría 19 veces hacia 2030), también continuarán con un ritmo importante de crecimiento los dispositivos eléctricos y los sectores que ya hace décadas usan el litio (+4,5% anual y +50% acumulado en 2030).

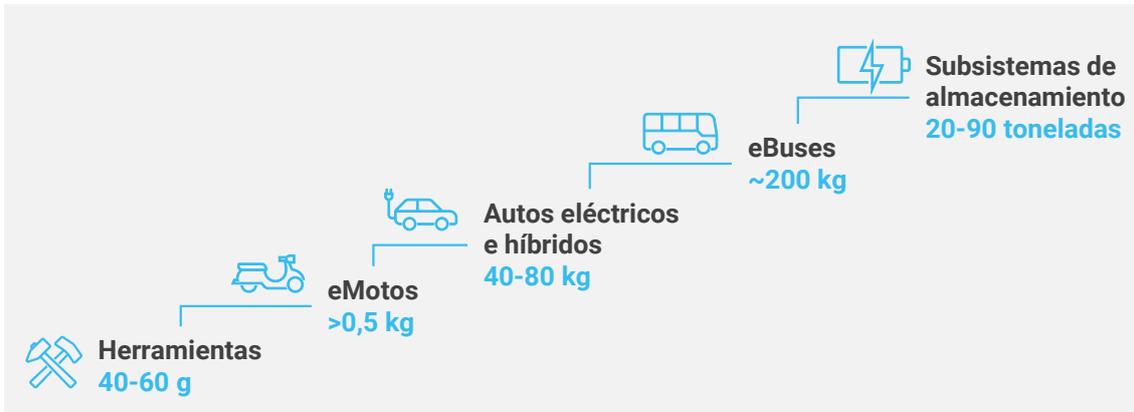
**Gráfico 8. Proyección de la demanda de litio hacia 2030, en toneladas LCE**



Fuente: elaboración propia con base en Cochilco (2020).

El segmento de los dispositivos eléctricos se diferencia en dos puntos importantes respecto al de los VE: por un lado, las baterías que utilizan son significativamente más pequeñas; por el otro, la tecnología es mucho más madura. En efecto, las baterías de litio en los dispositivos eléctricos cuentan con un desarrollo de tres décadas (la primera batería de Sony se comercializó en 1991) y su uso es masivo en la mayoría de los artefactos. No obstante, se estima que se seguirá avanzando hacia nuevas aplicaciones. Vale recordar que la demanda de litio va más allá de los VE y de los dispositivos eléctricos: incluye sectores como los de lubricantes, grasas, vidrios, cerámicos, farmacéuticos o agroquímicos.

Figura 3. Uso promedio de litio por aplicación



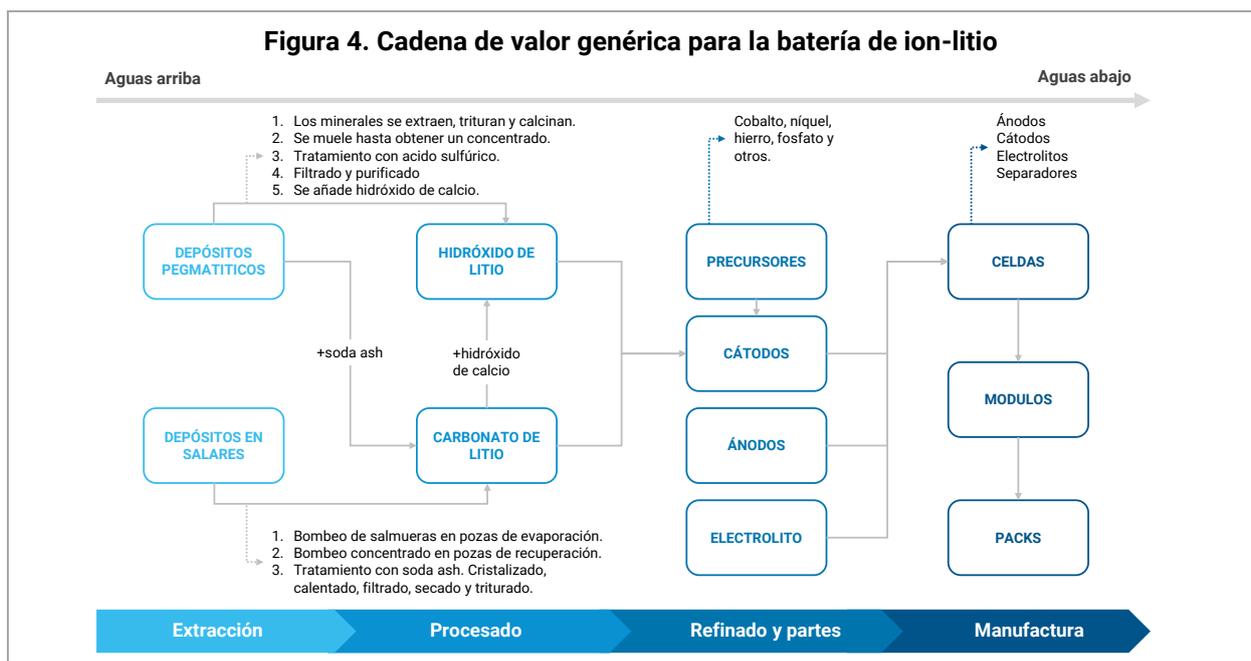
Fuente: elaboración propia con base en Pilbara Minerals (mayo de 2018).

## 2. Oferta

### 2.1. La cadena de valor de la batería de ion-litio

La producción de baterías de ion-litio, como la de muchos bienes de alta complejidad tecnológica, puede ser separada en distintas etapas, las cuales pueden a su vez realizarse en múltiples ubicaciones, en función de la composición de la cadena global de valor. Las etapas productivas pueden representarse de manera genérica según lo reflejado en la figura 4.

Figura 4. Cadena de valor genérica para la batería de ion-litio



A pesar de ser uno de los elementos más abundantes en la naturaleza, debido a su alta reactividad no es posible hallar litio de manera pura, sino disuelto en otros elementos; por tal motivo, en la actualidad es únicamente explotable cuando se halla en concentraciones elevadas. De la misma manera, su transporte solo es posible cuando se encuentra contenido en otros elementos, sean concentrados sin procesar o compuestos químicos, con alto contenido de litio.

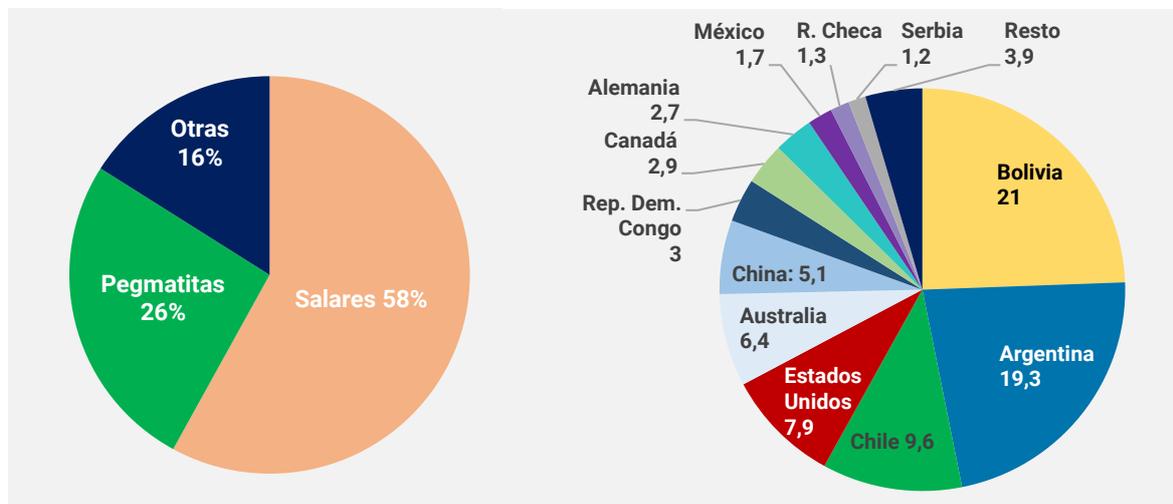
Existen diferentes tipos de depósitos donde el litio se encuentra lo suficientemente concentrado como para ser explotado. Los principales son los salares, que cuentan con el 66% de los recursos a nivel global y la mayor concentración en partes por millón. Constituyen acumulaciones subterráneas de agua en cuencas cerradas, con elevada concentración de sales y donde el litio proviene de la meteorización de rocas generada por la actividad tectónica o volcánica. De esta manera, el litio no suele superar el 1% de la composición total del salar (Baspineiro *et al.*, 2020). Los salares suelen estar ubicados en regiones áridas, por lo que la salmuera contenida en ellos puede ser bombeada y concentrada mediante evaporación solar en piletas especialmente construidas. El concentrado es finalmente sometido a un procesamiento con químicos para obtener carbonato de litio.

Los principales depósitos de salmuera se ubican en el denominado Triángulo del Litio, integrado por Argentina, Chile y Bolivia. Estos países representan más del 95% de los recursos en salares y alrededor del 58% de los recursos globales de litio. Si bien los principales recursos de este tipo se ubican en Latinoamérica, China y Estados Unidos también cuentan con yacimientos de este tipo, aunque en menores proporciones (gráfico 9).

El litio tiene una mayor ocurrencia geológica en formaciones rocosas que en salares, por lo que tiene presencia en una mayor cantidad de países. Sin embargo, estas formaciones representan una parte minoritaria de los recursos de litio del mundo (el 26%) y su concentración del mineral es menor que en salmueras. Australia cuenta con la mayor concentración de recursos de este tipo, pero también los hay en China, República Democrática del Congo, Alemania, México, República Checa o Serbia, entre otros países. Las formaciones se presentan en granitos de cristal grueso, genéricamente denominados pegmatitas, dentro de los cuales el espodumeno y la petalita son los minerales más relevantes a nivel económico. La explotación se realiza siguiendo métodos mineros tradicionales a cielo abierto o subterráneos. El material extraído debe ser triturado y molido para poder ser tratado usualmente con ácido sulfúrico y otros procedimientos químicos; puede obtenerse hidróxido de litio o carbonato de litio según se realice el tratamiento con hidróxido de calcio o soda ash respectivamente.

Otras fuentes potenciales de litio están constituidas por salmueras de pozos petrolíferos, de campos geotermales o arcillas, aunque no han sido explotados a gran escala hasta el momento.

**Gráfico 9. Recursos de litio según tipo de yacimiento (izquierda) y país (derecha), 2020**



Fuente: elaboración propia con base en Cochilco (2020) y Jaskula (US Geological Survey, 2021).

Ambos tipos de depósitos (rocas o salmueras) tienen ventajas y desventajas. La producción de carbonato de litio a partir de salares presenta un menor uso de insumos y costos operativos sensiblemente menores, dado que parte del proceso productivo se encuentra vinculado a un proceso de evaporación; su contracara es la complejidad productiva. Cada salar presenta composiciones químicas e hidrológicas sumamente diversas entre sí, lo cual hace que los procesos productivos aplicados a cada uno sean singulares. La puesta en marcha requiere de adaptación y aprendizaje para sortear desafíos ambientales y climáticos, lo que resulta en inversiones más elevadas y tiempos más prolongados que los necesarios para la producción a partir de pegmatitas.

En los proyectos de pegmatitas la influencia del clima es mucho menor y estos resultan fácilmente escalables mediante el uso de tecnologías mineras tradicionales, por lo que pueden dar rápida respuesta ante un incremento de la demanda, como ocurrió en el período 2016-2018. Como contracara, su mayor uso relativo de insumos implica costos operativos superiores a los de los salares. Sin embargo, por el crecimiento de la tecnología de baterías NMC previsto para los próximos años aumentaría el uso de compuestos de hidróxido de litio, los cuales se obtienen de manera directa en yacimientos pegmatíticos; si bien también se pueden elaborar a partir de carbonato de litio, esto implica un paso adicional en el procesamiento.

**Cuadro 1. Principales dimensiones y características técnicas por tipo de depósito**

Tipo de depósito/ dimensión	Rango estándar de costos (miles de dólares por tonelada)				Tiempo de puesta en marcha (meses)		CAPEX promedio
	Carbonato		Hidróxido		Mínimo	Máximo	Millones de dólares
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo			
Pegmatitas	8,3	9	6	9	1	2	200
Salmuera	4,1	5,75	5,2	6,8	18	24	400

Fuente: elaboración propia con base en Cochilco (2020) y datos de S&P Global Market Intelligence (SNL).

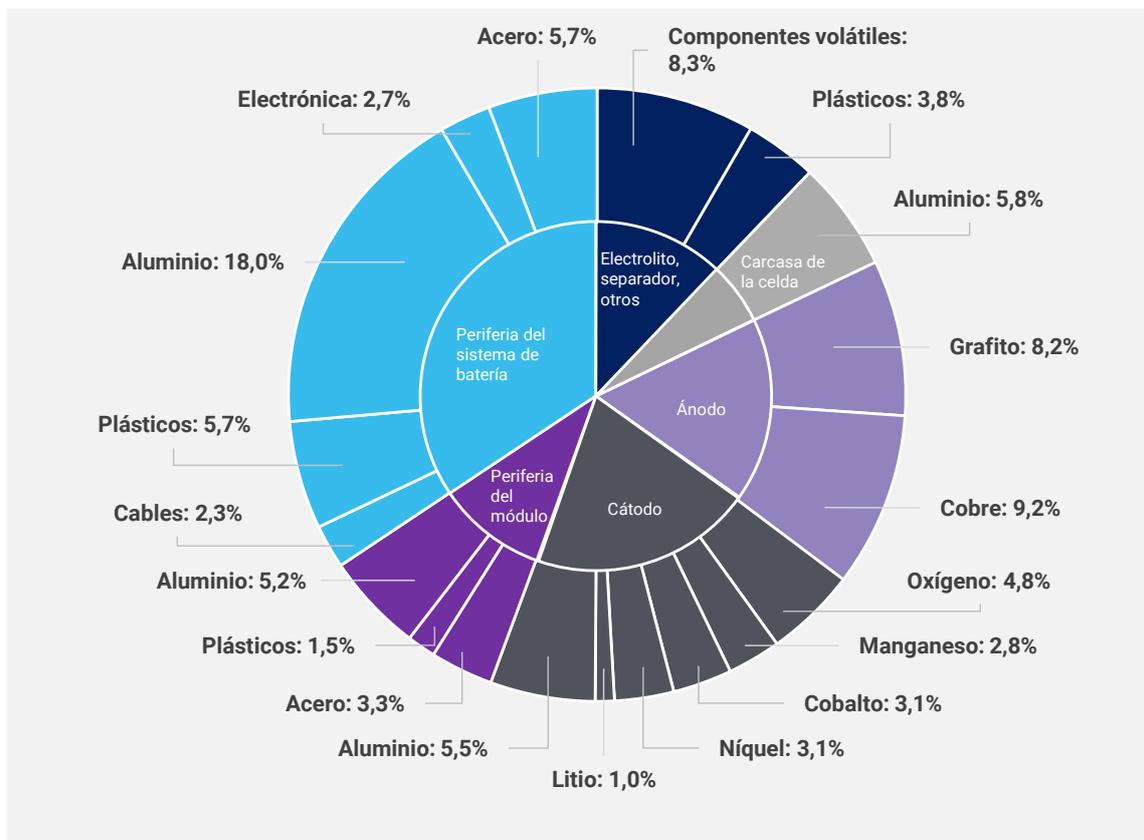
Como fue mencionado, debido a la alta reactividad del litio, este solo puede ser transportado cuando forma parte de otros compuestos; los que más se utilizan son el carbonato e hidróxido de litio. En términos generales, se pueden categorizar según su grado de pureza en grado técnico y grado batería. El carbonato se distingue por la concentración del litio, del 99% para grado técnico y del 99,5% para grado batería. El hidróxido se diferencia por las impurezas de otros minerales, con una concentración de litio del 56,5%. Mientras que el menor grado de pureza es aplicado en usos tradicionales (vidrios, cerámicas, grasas, lubricantes, etcétera), las baterías de ion-litio solo pueden usar el grado de pureza más elevado. No obstante, la complejidad de los procesos productivos provoca que exista una amplia variedad de calidades en el mercado que influyen de manera directa en los precios de comercialización. Conforme evoluciona la tecnología de las baterías y se perfeccionan sus procesos productivos, la demanda de la calidad del litio se incrementa y se incorporan nuevos atributos necesarios.

La ubicación de las plantas de conversión de litio depende en gran medida de las características de cada compuesto químico y del yacimiento de origen. En el caso de los salares, las plantas de producción de carbonato de litio –primera transformación obligada, dado que es técnicamente imposible obtener hidróxido de litio de manera directa– se ubican, prácticamente sin excepciones, en las inmediaciones de las piletas de evaporación, debido a que el concentrado que se obtiene de estas es aún una solución acuosa, difícil de transportar. Un compuesto químico alternativo y de menor grado de elaboración en el caso de las salmueras es el cloruro de litio, aunque su uso es menos común. En el caso del hidróxido de litio, la mayor reactividad del componente implica desafíos en torno a su almacenamiento y transporte, lo que favorece su ubicación en las cercanías de los polos de producción de las baterías; no obstante, existen experiencias exitosas –como la de SQM en Chile–, que exportan este componente hace años.

De la unión de cátodo, ánodo, electrolito y otros componentes se conforma una celda, el componente más pequeño de una batería, que representa alrededor del 20% de su costo final (Coffin y Horowitz, 2018). Son utilizadas como bien intermedio del proceso de ensamblado, y varias de estas conforman un módulo de baterías en un proceso que añade aproximadamente un 11% al costo. Estos módulos se agrupan a su vez en packs, conectándose entre ellos junto a placas y sistemas de refrigeración.

A modo de corolario, debe resaltarse que el litio, si bien es un insumo fundamental y transversal a todas las tecnologías de baterías en funcionamiento, representa una proporción menor en el volumen final. Según Ellingsen y Hung (2018), solo un 1% de la composición de una batería NMC genérica es litio; se utilizan muchos otros minerales más –algunos quizás más escasos que el litio–, tales como el cobalto, cuya producción en 2020 provino en un 67% de la República Democrática del Congo.

**Gráfico 10. Composición volumen de materiales de una batería NMC genérica**



Nota: la periferia del módulo incluye carcasa, mientras que la del sistema de batería incluye la carcasa del pack y los sistemas de gestión de la batería, eléctrico y de gestión térmica.  
Fuente: Ellingsen y Hung (2018, traducción propia).

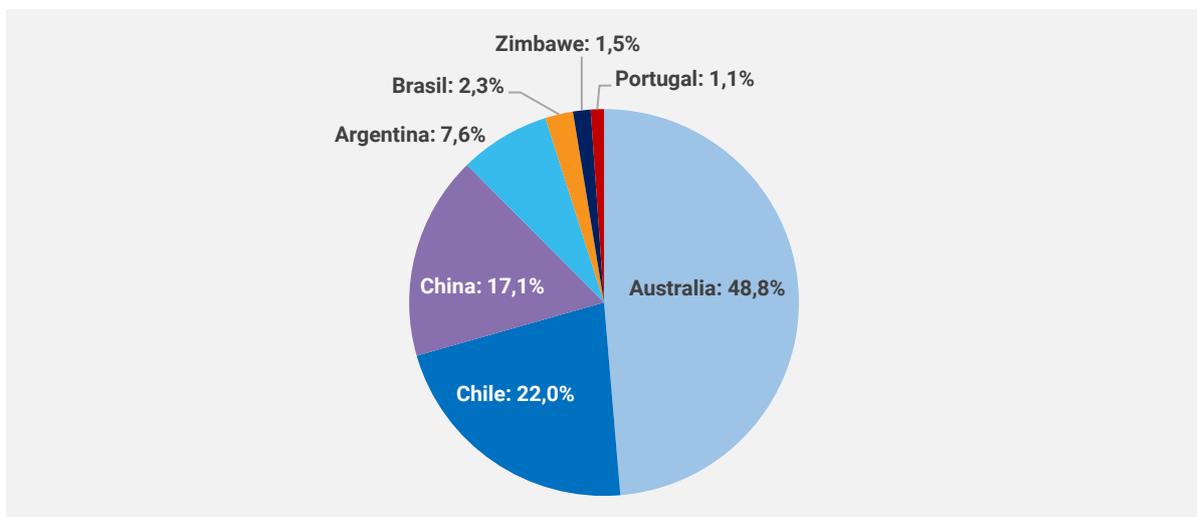
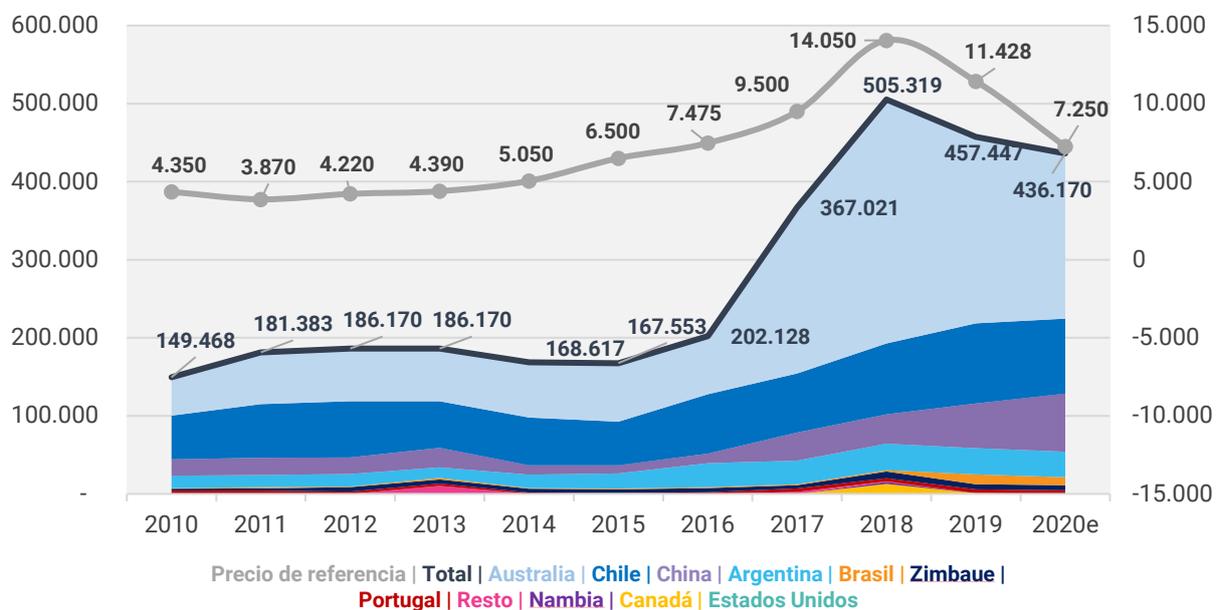
## 2.2. Evolución reciente de la producción

Durante la última década la producción global de litio se triplicó, aunque el aumento se produjo principalmente en el período 2016-2018, impulsado por el incremento de la demanda que traccionó los precios internacionales. La expansión provino principalmente de Australia, lo cual se relaciona con la utilización de tecnologías conocidas para la explotación de proyectos pegmatíticos y su capacidad de rápida respuesta. Durante estos años se han puesto en funcionamiento también otros yacimientos de este tipo, aunque de menores escalas, en Portugal, Zimbabue, Brasil, Namibia y China.

Como fue mencionado, los aumentos en salares son más lentos y demandan períodos de maduración extensos –superan el año–, lo cual se vincula a los tiempos naturales del proceso de evaporación y concentración de las salmueras y depende de aspectos climáticos. Por otro lado, dada la variabilidad entre salares, no existe una única fórmula de producción aplicable a cada uno, lo cual implica una curva de aprendizaje que puede demorar la puesta en marcha de nuevos proyectos. Los principales depósitos de este tipo en operación se ubican en Chile y Argentina, aunque también existen otros que contienen menores niveles de concentración de litio y operan en Estados Unidos y China.

Podemos concluir que, como consecuencia de la fuerte expansión mencionada, el mercado ingresó hacia 2018 en un escenario de sobreoferta, lo que generó un desplome de los precios que se profundizó con la irrupción de la pandemia de COVID-19. La incertidumbre y la detención de muchas de las líneas de producción en la industria automotriz durante la primera mitad de 2020 y, en particular, de sus versiones eléctricas, impactó en los planes de expansión del litio, aunque durante el segundo semestre de ese año cobraron renovado impulso a través de la intervención gubernamental en muchos países –especialmente los europeos– para fortalecer las ventas de vehículos eléctricos. Esto permitió revertir la tendencia de los precios de referencia, que volvieron a crecer con fuerza durante los primeros meses de 2021 y reactivaron así las inversiones.

**Gráfico 11. Evolución de la producción global de litio (miles de toneladas LCE) y precio de referencia internacional del carbonato de litio (dólar por tonelada LCE) y distribución de la producción de litio 2020 (abajo)**



Fuente: Jaskula (US Geological Survey, 2021) y [Fastmarkets](#).

Como puede observarse, el 95,4% de la producción mundial de litio se concentra en cuatro países: Australia, Chile, China y Argentina. La concentración de la oferta y el rol estratégico que ocupa en la producción de baterías de ion-litio –tecnología que, como fue sugerido, se volverá central en las próximas décadas– ha llevado a numerosos países a declararlo “material estratégico” y a las empresas manufactureras a invertir de manera directa en los distintos proyectos para asegurar el abastecimiento futuro.

Los recursos y reservas constituyen conceptos dinámicos: varían conforme se avanza con las tareas de exploración y evaluación de los depósitos, y también en función de los precios y las tecnologías que los hacen rentables y factibles de aprovechar. En el caso argentino en particular, los recursos identificados crecieron de manera acelerada, lo que permitió al país alcanzar el segundo lugar, solo por debajo de Bolivia. Esta mejora fue el resultado de posicionarse como el primer destino de inversiones en exploración durante los últimos años (Secretaría de Minería, 2019).

La relación entre reservas y recursos de Argentina es particularmente baja respecto de los países que componen la mayor parte de la oferta mundial de litio. Mientras Chile y Australia evaluaron como económicamente factibles de explotación a la mayor parte de sus recursos, en Argentina esta relación alcanza a únicamente al 10% de estos (ver cuadro 2), lo cual indica que aún existe un importante potencial para seguir incrementando la cartera de proyectos. De la misma manera, se destacan también los importantes recursos bolivianos, que por ahora no tienen correlato con actividad productiva ni reservas probadas, lo cual señala también que es un proceso no exento de dificultades.

Finalmente, un punto interesante para señalar es que, con el actual nivel de exploración en el mundo, las reservas económicamente factibles de ser explotadas alcanzan para mantener la producción de 2020 por 256 años. El mismo análisis puede aplicarse para un país en particular, como Australia: en el hipotético caso de que triplicase su producción el año próximo, las reservas disponibles le permitirían mantener niveles productivos por cerca de 40 años. Esto es sin duda un llamado de atención acerca de los desafíos necesarios para motorizar proyectos locales que de otra manera podrían ser ubicados en otros países. En tanto no se cuente con una empresa nacional (sea pública o mixta) con capacidad suficiente para desarrollar por sí sola los yacimientos, se deberá compatibilizar competitividad internacional (para atraer capitales al sector) con objetivos de desarrollo local.

<b>Cuadro 2. Producción, reservas y recursos por países seleccionados 2020, en toneladas LCE</b>				
<b>País</b>	<b>Producción</b>	<b>Reservas</b>	<b>Recursos</b>	<b>Reservas/recursos</b>
Australia	212.766	25.000.000	34.042.553	73%
Chile	95.745	48.936.170	51.063.830	96%
China	74.468	7.978.723	27.127.660	29%
Argentina	32.979	10.106.383	102.659.574	10%
EEUU	-	3.989.362	42.021.277	9%
Canadá	-	2.819.149	15.425.532	18%

Continúa en la página siguiente.

**Cuadro 2. Producción, reservas y recursos por países seleccionados 2020, en toneladas LCE (continuación)**

País	Producción	Reservas	Recursos	Reservas/recursos
Bolivia	-	-	111.702.128	0%
Resto	20.213	12.872.340	73.404.255	18%
<b>Total</b>	<b>436.170</b>	<b>111.702.128</b>	<b>457.446.809</b>	<b>24%</b>

Fuente: elaboración propia con base en Jaskula (US Geological Survey, 2021).

Australia es el principal productor mundial de litio, con 212.000 toneladas de LCE durante 2020, valor que se encuentra un 32% por debajo de su máximo nivel histórico, más cercano a su nivel pleno de utilización de la capacidad instalada. Cuenta con siete operaciones, aunque la producción del país experimentó un salto discreto en 2017 con la puesta en marcha de Greenbushes, proyecto que el último año representó más de un tercio del total producido. Salvo este último, todos los demás cuentan con participación accionaria mayoritaria de empresas locales.

La estrategia de desarrollo de la actividad del litio en Australia se ha basado principalmente en acuerdos de compra anticipada de la producción (denominados en inglés *off-take agreement*). A través de estos, las empresas locales se especializan en la explotación de los yacimientos pegmatíticos, exportando espodumeno con alto contenido de litio principalmente a China, donde es procesado en plantas industriales para su conversión a hidróxido de litio, insumo para la industria local de baterías de litio.

En la actualidad, de acuerdo con las estadísticas de COMTRADE, el gigante asiático demanda prácticamente la totalidad de la producción australiana y representa alrededor del 92% de sus exportaciones de concentrado de espodumeno. La mayor facilidad para el transporte de concentrado, en relación con las dificultades para transportar hidróxido de litio por su alta reactividad química, favoreció la producción y especialización en las cercanías a las plantas de baterías en China. No obstante, a instancias de los esfuerzos gubernamentales por incrementar la participación en la cadena de valor del litio, las dos empresas dueñas de Greenbushes están construyendo sendas plantas de hidróxido de litio en el estado de Western Australia. La firma china Tianqi lo está haciendo en la ciudad de Kwinana, con una capacidad para producir anualmente 48.000 toneladas, mientras la empresa norteamericana Albemarle lo hace en la localidad de Kemerton, con una capacidad inicial de 50.000 toneladas con posibilidad de duplicarse en el futuro.

Chile ostenta el segundo lugar en la producción mundial de litio, con más de 95.000 toneladas LCE en 2020. Tiene dos operaciones de salmueras, ubicadas en el Salar de Atacama. Sociedad Química y Minera de Chile (SQM) se especializa en productos químicos de obtención minera. Sus antecedentes se remontan a 1926, aunque sus orígenes formales surgen de la fusión de empresas salitreras públicas y privadas en 1968. En 1983 comenzó su proceso de privatización y una década más tarde arrendó a la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) las pertenencias mineras donde comenzaría a producir litio y potasio. Cuenta con una planta de producción de carbonato de litio (puesta en marcha en 1997) y de hidróxido de litio (2005) en Salar del Carmen. En 2018 la empresa Tianqi adquirió poco más del 25% de SQM, lo cual le dio participación en los dos proyectos de litio globales más relevantes: Greenbushes en Australia (con participación mayoritaria del 51%) y Atacama de SQM (minoritaria).

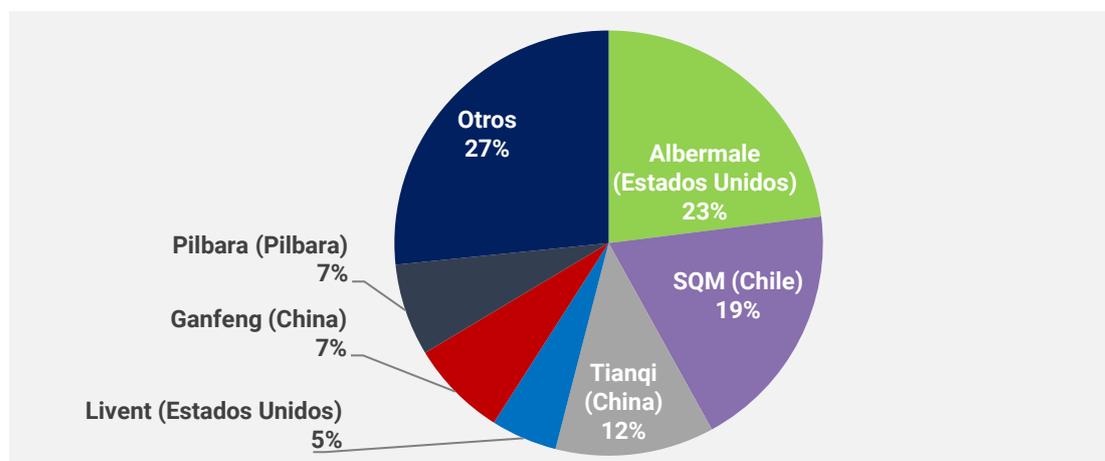
De forma similar, la firma Albemarle, accionista minoritario en Greenbushes (49%), tiene el segundo lugar en operaciones de Chile. Sus orígenes se remontan a 1984 cuando Rockwood Lithium comenzó la producción de carbonato de litio en la planta química La Negra, a partir de las salmueras naturales que extraía del Salar de Atacama. Albemarle adquirió Rockwood y con ella la titularidad del proyecto de litio en Chile.

En 2013, CORFO –en calidad de dueña de las pertenencias de Atacama, las cuales arrendó a Albemarle y SQM– inició acciones judiciales por incumplimientos de contrato que dieron lugar a negociaciones con ambas empresas. Como resultado, se alcanzaron múltiples acuerdos a cambio del permiso para ampliar sus cuotas de producción, entre los que destacan el establecimiento de una tasa correspondiente al *royalty* minero –que se cobrará de forma progresiva como función del precio FOB de exportación– y la obligación de vender hasta un cuarto del total de su capacidad de producción teórica a precios preferenciales en el mercado interno, en pos de desarrollar una cadena de valor local de la industria del litio (Cochilco, 2020).

La producción originaria de China se ubica en el tercer lugar en orden de magnitud, con un récord de 74.000 toneladas LCE en 2020, tras haber superado a Argentina en 2019. El país cuenta con cuatro yacimientos, entre salmueras y pegmatíticos, que se suman a la oferta principalmente australiana de concentrado de espodumeno que se procesa localmente. Las exportaciones chinas de compuestos procesados ocupan un lugar relevante en el comercio internacional, especialmente en el de hidróxido. No obstante, se trata solo de una pequeña porción de lo que procesa, ya que la mayor parte es utilizada internamente en el proceso de producción de baterías ion-litio y otros productos.

En el cuarto lugar entre los principales productores se ubica Argentina, con cerca de 33.000 toneladas LCE obtenidas a partir de dos operaciones. El Salar del Hombre Muerto (Mina Fénix, Catamarca), de la empresa estadounidense Livent, es la salmuera en producción de más larga data en el país: comenzó a operar en 1997. Produce carbonato de litio y –en menor medida– cloruro de litio desde su planta en la localidad salteña de Güemes. La segunda operación, ubicada en la provincia de Jujuy, es propiedad de la empresa australiana Orocobre (66,5%), la japonesa Toyota Tsusho Corporation (25%) y la provincial JEMSE (8,5%) e inició la producción de carbonato de litio en 2015.

**Gráfico 12. Producción de litio de mina, por empresa, 2019**



Fuente: elaboración propia con base en Cochilco (2020) y datos de SNL.

Como correlato de los incrementos de la producción a nivel global y de los precios de referencia, el comercio internacional de concentrado y compuestos químicos de litio se cuadruplicó entre 2015 y 2019. Ese último año, el carbonato de litio representó el 42% de los montos transados a nivel internacional, seguido por el hidróxido (30%) y el concentrado de espodumeno (28%). Pese a que Australia concentra los mayores volúmenes (casi la mitad de la producción mundial), el concentrado de espodumeno (su principal producto) se comercia a precios sensiblemente menores que el carbonato y el hidróxido, por lo que el país ocupa la última posición en el rango de precios de exportación (gráfico 13). En cuanto al hidróxido y el carbonato de litio, existe una brecha de precios de entre el 20 y el 30% a favor del primero.

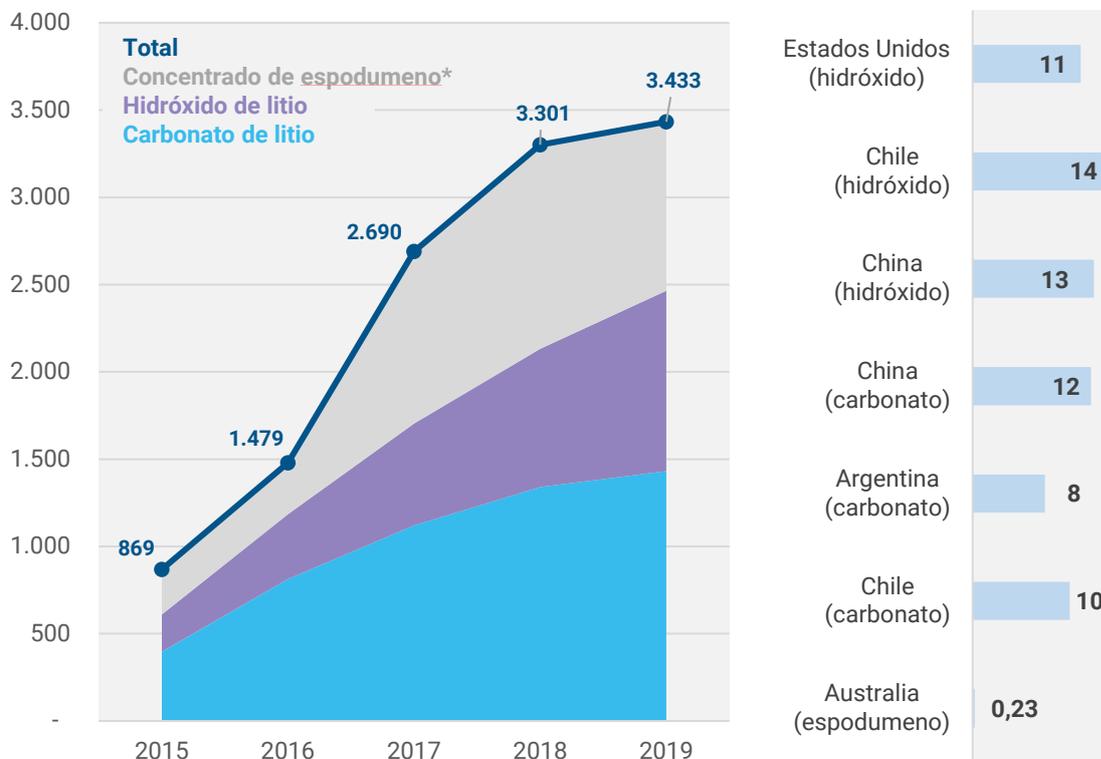
Por otro lado, se observan también diferencias en los valores unitarios para los mismos productos entre países (ver gráfico 13, precios unitarios por país). Esto puede deberse por un lado a diferentes calidades del compuesto, dado que el nivel de pureza y sus cualidades técnicas influyen en el precio transado, o a que una porción de las exportaciones corresponda a comercio intrafirma, es decir entre subsidiarias de una misma empresa, donde prevalecen contratos transados en niveles de precios inferiores a los que operarían entre empresas no vinculadas (Obaya y Céspedes, 2021).

Siguiendo la metodología de análisis de redes globales de producción desarrollada por Obaya y Céspedes (2021), se puede distinguir entre tres modelos para las empresas que operan en el segmento aguas arriba de la red de baterías de ion-litio. El primero lo constituyen un grupo de empresas proveedoras de compuestos de litio con alto nivel de integración intrafirma, en el que se identifica a Albemarle, SQM, Livent, Tianqi y Gangfeng. Estas concentran alrededor de las tres cuartas partes de la producción global de litio y se caracterizan por tener participación desde etapas mineras hasta procesamiento del compuesto químico y producción de insumos para baterías de ion-litio, e incluso –como en el caso de Gangfeng– llegan a fabricarlas también.

Un segundo modelo son las asociaciones accionarias entre empresas proveedoras de litio y productores aguas abajo en la cadena de valor, orientadas al control de los recursos. Entre este grupo de empresas el autor menciona el caso de Orocobre (Australia) y Toyota Tsusho Corporation (Japón), que junto con la empresa provincial Jujuy Energía y Minería Sociedad del Estado (JEMSE) conforman la sociedad Sales de Jujuy en Argentina. Otro caso que se menciona es el de la australiana Pilbara, que cuenta con un acuerdo con la empresa especializada en baterías de ion-litio CATL y está desarrollando otro con la coreana Posco. De esta manera, las empresas productoras de litio obtienen financiamiento y aseguran la venta de su producción, a la vez que se especializan y mantienen su independencia. En tanto, los inversores se aseguran el litio para desarrollar sus actividades aguas abajo.

El tercer modelo lo constituye principalmente la estrategia de producción de las empresas australianas, con excepción de Greenbushes (cuyas empresas Tianqi y Albemarle se inscriben en el primer modelo). Estas empresas, entre las cuales el autor destaca a la australiana Galaxy Resources, se especializan exclusivamente en la producción de concentrado de espodumeno, el cual destinan a plantas de conversión (en 2019, el 92% se envió a China) a través de acuerdos de compra anticipada.

**Gráfico 13. Evolución de montos transados (millones de dólares) en comercio internacional de concentrados y compuestos procesados de litio (izquierda) y precios unitarios (dólares por tonelada) por país y producto exportado en 2019 (derecha)**



Nota: (\*) dado que no existe una posición en el comercio internacional a seis dígitos que contenga específicamente el concentrado de espodumeno, se toman los valores contenidos en la posición HS 2530.90 para Australia, siguiendo la metodología utilizada en LaRoca 2020.

Fuente: elaboración propia con base en COMTRADE y DGA-AFIP.

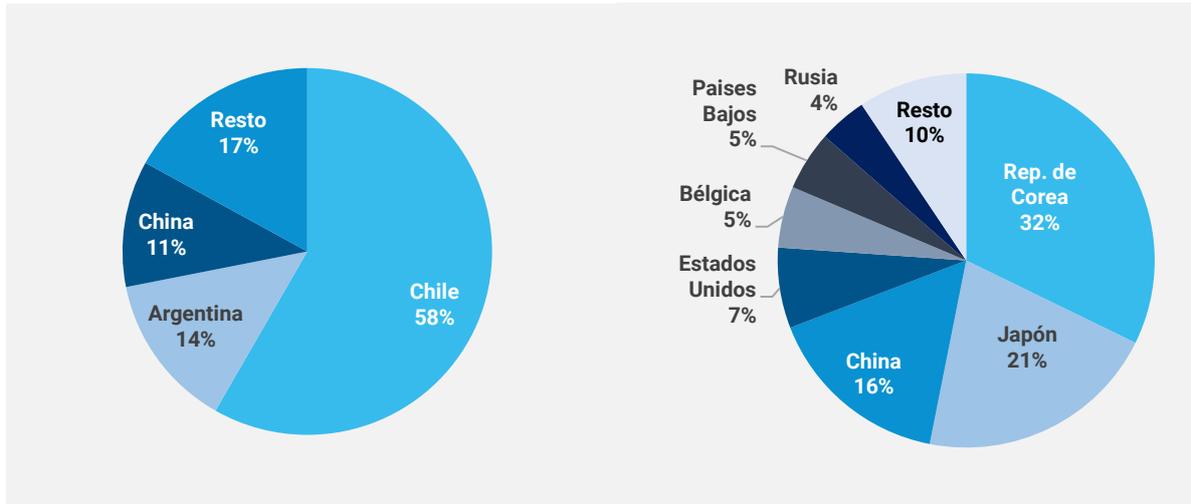
En cuanto a los orígenes, en el caso del carbonato de litio (que en 2019 concentró el 42% de las ventas de compuestos y concentrados de litio), se destaca Chile con el 58% de lo exportado y, en segundo lugar, Argentina (con el 14%). Por su parte, en hidróxido de litio (que explicó el 42% del comercio internacional de compuestos y concentrados de litio en 2019) se destacan China, con un 60%, y luego Chile, con el 12%. En el caso de China, el hidróxido de litio se produce mayormente a partir del espodumeno australiano.

Los principales destinos de exportación los constituyen los países con mayor producción de baterías de ion-litio y vehículos eléctricos: Japón y la República de Corea. Ambos explican respectivamente el 53% y el 81% de las importaciones mundiales de carbonato e hidróxido de litio. China, si bien es un jugador fundamental en la cadena, no es tan relevante como los otros dos en términos de importaciones de carbonato e hidróxido de litio, debido a que, como fue mencionado, adquiere la mayor parte del mineral en el eslabón anterior de la cadena y además cuenta con producción local. Algo similar sucede con Estados Unidos, que también produce localmente e importó el 7% del carbonato de litio transado. En efecto, nótese que tanto China como Estados Unidos participan más en las exportaciones de hidróxido de litio (60% y 10% respectivamente) que en las importaciones (menos del 3% en cada caso). Con todo,

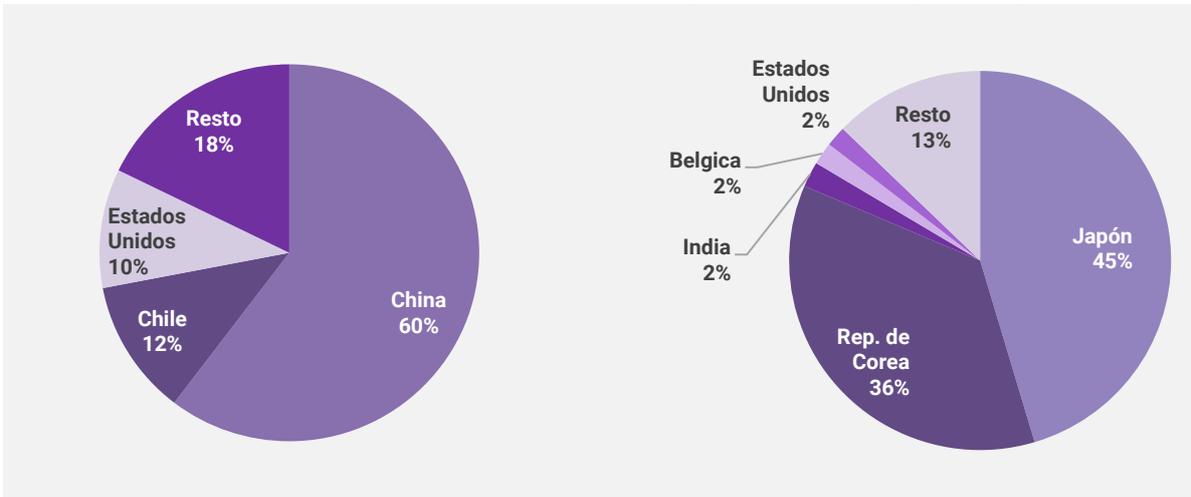
la fuerte presencia de China, Japón y la República de Corea en la cadena global de valor del litio señala que actualmente el centro productivo de las baterías eléctricas se encuentra en Asia Oriental.

**Gráfico 14. Comercio internacional de compuestos de litio procesados, como participación de los montos transados en 2019**

**Carbonato de litio: exportaciones (izquierda) e importaciones (derecha)**



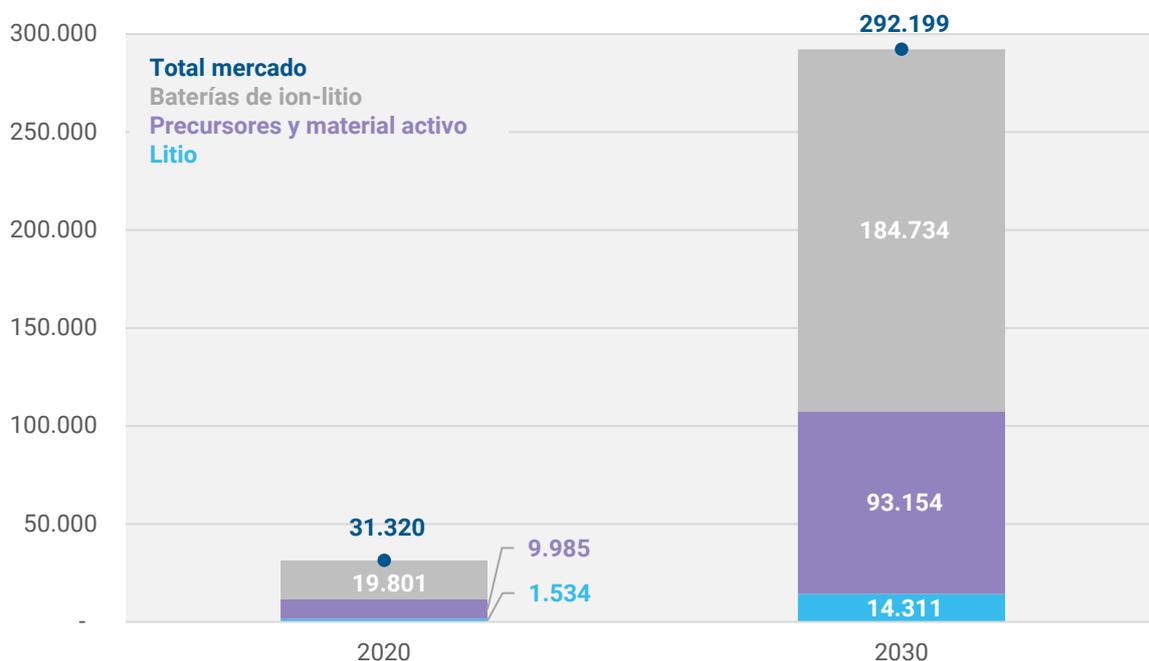
**Hidróxido de litio: exportaciones (izquierda) e importaciones (derecha)**



Fuente: elaboración propia con base en COMTRADE y DGA-AFIP.

El flujo comercial de materias primas para la fabricación de baterías de ion-litio cuenta con un comercio internacional muy relevante. Sin embargo, a medida que se avanza en la cadena hacia la producción de la batería y sus componentes, los flujos tienden a achicarse, mostrando una tendencia a la integración regional (CRU Consulting, 2021).

**Gráfico 15. Tamaño del mercado de baterías de ion-litio, apertura por segmento, en millones de dólares**



Fuente: elaboración propia con base en CRU Consulting (2021).

China domina la capacidad de manufactura de celdas, con el 76% de la producción mundial en 2020, estimada en 529 GWh. Fuera de este país, la capacidad instalada total es de 125 GWh y se ubica principalmente en Corea, Japón y Estados Unidos (país en el cual se destaca la firma Tesla). Tanto la cantidad de fábricas como su escala promedio se duplican aproximadamente cada cinco o seis años: según CRU Consulting (2021), entre 2015 y 2020 la cantidad de gigafactorías pasó de 33 a 77, con una escala promedio que ascendió de 1,8 a 6 GWh. Para 2026, la misma fuente estima que crecerá a 107 instalaciones y 13,8 GWh respectivamente.

La fabricación de precursores, a diferencia de la de cátodos o celdas, no presenta una gran complejidad técnica, sin embargo ha tendido hacia una elevada integración en un mismo eslabón de la cadena (CRU Consulting, 2021). La celda, al tener menores dimensiones, cuenta con mayores flujos comerciales. No obstante, los productores tienden a ubicarla cerca de las centrales automotrices con el fin de minimizar riesgos en la cadena de suministro,<sup>6</sup> mejorar la colaboración con los fabricantes de vehículos y reducir costos de logística (Yu y Sumangil, 16 de febrero de 2021).

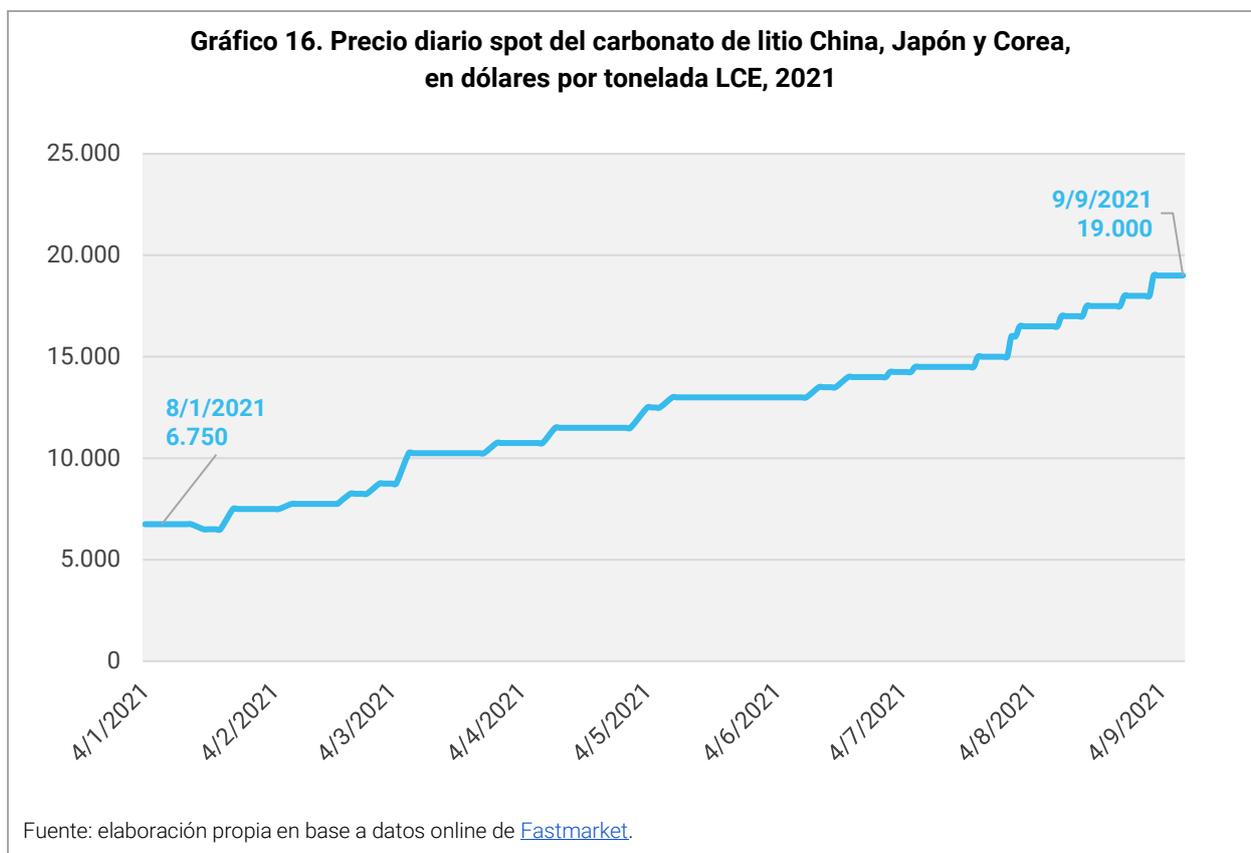
Los costos logísticos de los módulos y packs de baterías, al tener volúmenes más elevados, son mucho mayores, por lo que también se ubican en las cercanías de las terminales automotrices. Esto es una ventaja también para las automotrices, que requieren diseños cada vez más personalizados para que los

<sup>6</sup> Las celdas son clasificadas como mercancías peligrosas debido a que por la reactividad del litio se pueden generar incendios, por lo que antes del envío requieren de pruebas y preparaciones adicionales, de acuerdo a las regulaciones internacionales de transporte.

packs de baterías se adapten a los vehículos que producen. De este modo, el comercio global de estos insumos es mucho más acotado (Coffin y Horowitz, 2018).

Como corolario, las ventajas de cercanía e integración de la batería de ion-litio y sus partes a la producción automotriz explican que las nuevas inversiones para ampliar la capacidad global se estén llevando a cabo en los países o regiones donde se observa un incremento de la producción de vehículos eléctricos. Se trata de proyectos de escala cada vez mayores, liderados por los principales fabricantes mundiales de baterías y muchos de ellos en colaboración directa de un socio fabricante de automóviles.

### 2.3. Proyección de la oferta de litio

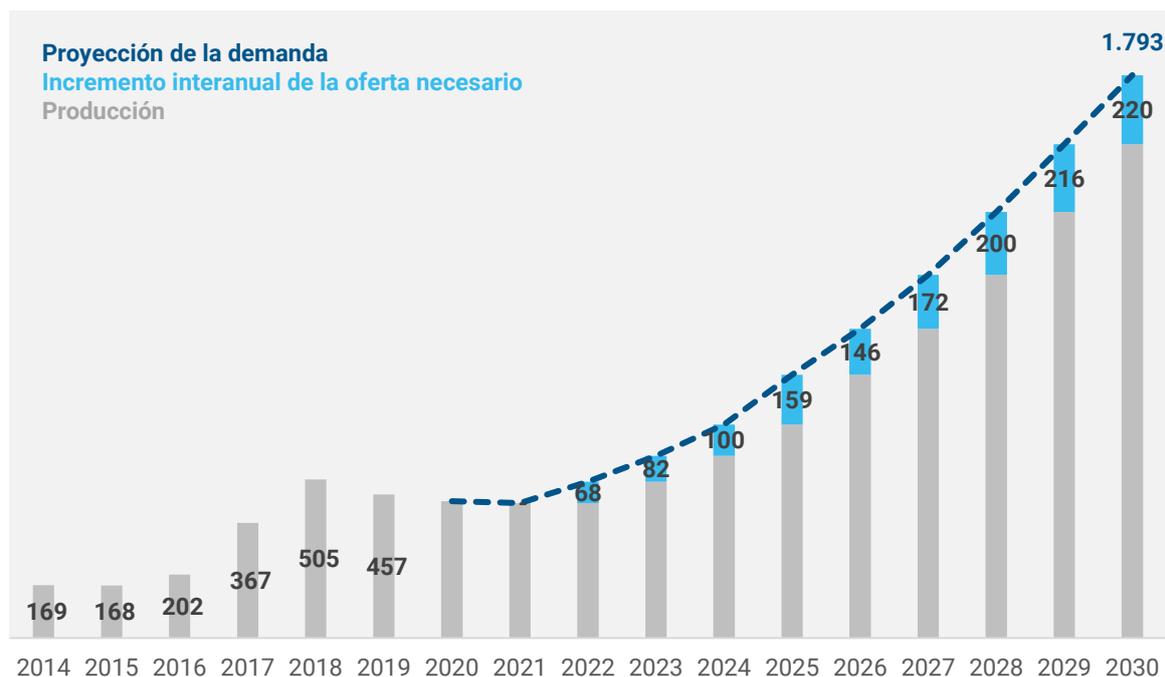


Durante 2021, los precios del carbonato de litio experimentaron una notable recuperación en sus niveles de referencia: comenzaron el año en los USD 6.500 la tonelada y hacia septiembre se ubicaron nuevamente en los USD 19.000. Por la aceleración en la electrificación a nivel mundial, en especial de los países más desarrollados, los vehículos eléctricos finalizaron 2020 con una participación en torno al 4,4% de las ventas automotrices totales, pero se espera se acerque al 30% dentro de una década. Esto permite suponer un incremento de la demanda de litio, que presionará sobre la oferta manteniendo elevados los precios de referencia durante los próximos años.

Lo anterior se sustenta en la comparación de los datos de producción actuales, con las proyecciones de la demanda. De este cálculo podemos aproximarnos a una idea de la cantidad de nuevas operaciones que harán falta cada año para satisfacer los nuevos requerimientos de litio esperados. De esta manera,

según las proyecciones de Cochilco (2020), la demanda de litio para este año estaría cubierta, aunque a partir de 2022 comenzaría a incrementarse hasta alcanzar, cinco años más tarde, una necesidad adicional promedio de al menos 200.000 toneladas de litio cada año.

**Gráfico 17. Proyección de la demanda y oferta de litio adicional necesaria por año para mantener el mercado en equilibrio, en miles de toneladas LCE**



Fuente: elaboración propia con base en Cochilco (2020) y Jaskula (US Geological Survey, 2021).

En la actualidad, la capacidad productiva mundial se ubica en torno a las 500.000 toneladas LCE, las cuales se alcanzaron por única vez en 2018. Hacia 2030 serían necesarias más de 1,3 millones de toneladas LCE en capacidad productiva anual para satisfacer la demanda, casi el triple de lo disponible en la actualidad.

Cochilco (2020) estima que los aumentos de la producción se originarán principalmente de los cuatro oferentes de mayor magnitud y, si bien Australia y Chile continuarían en el primer y segundo lugar respectivamente, ambos perderían participación. De esta manera, hacia 2030 el litio australiano participaría con el 31% de la producción mundial (en 2020 la participación fue del 48,8%), lo que redundaría en una capacidad de incrementar su producción en aproximadamente 500.000 toneladas LCE. En tanto, la participación chilena alcanzaría el 17% (respecto al 22% actual), lo cual significaría una adición de unas 200.000 toneladas a la producción actual. En cuanto a la oferta argentina –que se verá en más detalle en la siguiente sección–, entre los dos proyectos en expansión y el tercero en construcción, y de ponerse en marcha los que están en evaluando procesos productivos en la actualidad, hacia la siguiente década podría acercarse a la oferta chilena y su participación mundial sería de casi un 17%.

Finalmente, países que no cuentan con una participación significativa en la actualidad, como Estados Unidos, Canadá o Zimbabue, multiplicarían su volumen de producción unas diez veces.

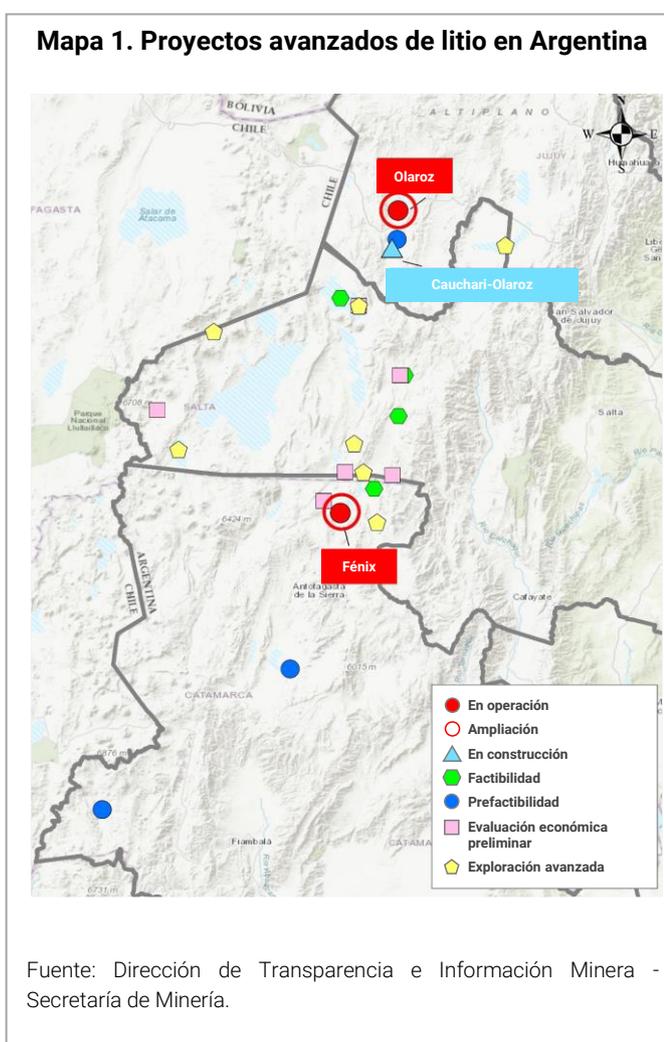
Respecto de la evolución del mercado de baterías, la [European Battery Alliance](#) estima que crecerá hasta USD 269.000 millones<sup>7</sup> hacia 2025.

### 3. Panorama en Argentina

#### 3.1. Situación de la producción de litio en Argentina

Argentina cuenta con dos proyectos en operación –cuya capacidad de producción se encuentra además en proceso de ampliación–, un nuevo proyecto que actualmente está realizando tareas de construcción de operaciones, 11 en tareas de evaluación económica de sus recursos –de los cuales siete han construido o se encuentran construyendo plantas piloto para evaluar métodos de producción– y seis más en tareas avanzadas de exploración. A estos deben sumarse al menos otros 40 proyectos en etapas tempranas, repartidos en 23 salares y cuatro distritos pegmatíticos.

La operación de Mina Fénix, propiedad de la empresa estadounidense Livent, es el proyecto de litio más antiguo en el país y se encuentra en el Salar del Hombre Muerto, Catamarca, desde 1997. Actualmente dispone de una capacidad productiva de 22.500 toneladas LCE anuales, que exporta como carbonato y cloruro de litio, desde Antofagasta de la Sierra (Catamarca) y Güemes (Salta). Recientemente [la empresa anunció la reactivación de su plan inversiones](#) por



<sup>7</sup> € 250.000 millones.

USD 640 millones, que le permitirán ampliar su capacidad en 20.000 toneladas, en dos etapas a comienzos de 2023 y 2024. En el futuro, la empresa tiene previsto duplicar dicha expansión, por lo que incorporaría otras 20.000 toneladas hacia la década siguiente.

Livent Corporation es una empresa con alto nivel de integración, con más de 80 años de historia. Sus inicios se remontan a la empresa Lithium Corporation of America, que trabajaba en asociación con el gobierno de Estados Unidos para el desarrollo de aplicaciones para el litio. Luego, en 1985, fue adquirida por FMC Corporation y se constituyó en la empresa proveedora de litio para Sony Electronics, cuando en 1991 comenzó a producir las primeras baterías de ion-litio para videocámaras de mano y dispositivos eléctricos. En la actualidad Livent Corporation produce litio de alto nivel de pureza para la fabricación de baterías de ion-litio, y también de nivel técnico para grasas, polímeros, productos farmacéuticos, agroquímicos y otras aplicaciones industriales que alcanzan incluso a la industria aeroespacial. Su actividad se complementa con investigación y desarrollo para nuevas tecnologías.

[Sales de Jujuy](#) es la sociedad que opera en Salar Olaroz (Jujuy). Cuenta con capacidad de producción de 17.500 toneladas de carbonato de litio de grado batería desde 2015. La propiedad mayoritaria corresponde a la empresa australiana Orocobre (66,5%), la cual inició el proyecto y luego se asoció con la japonesa Toyota Tsusho Corporation (25%), que es agente de ventas exclusivo de la producción. El paquete lo completa JEMSE (8,5%) con acciones de clase B que no le otorgan un lugar en el directorio, pero le dan preferencia sobre el 5% de la producción.



La empresa anunció la continuidad de las inversiones para la fase 2 de su proyecto de USD 330 millones,<sup>8</sup> que le sumarán una capacidad de 25.000 toneladas de carbonato de litio grado primario. Esta inversión, demorada por la pandemia, [podría estar disponible](#) a partir de 2022. Inicialmente abastecerá, al menos en parte, a la planta de conversión de hidróxido de litio que se ubica en Naraha (Japón), aunque existen planes en estudio de construir una planta en las cercanías del proyecto para una fase 3.

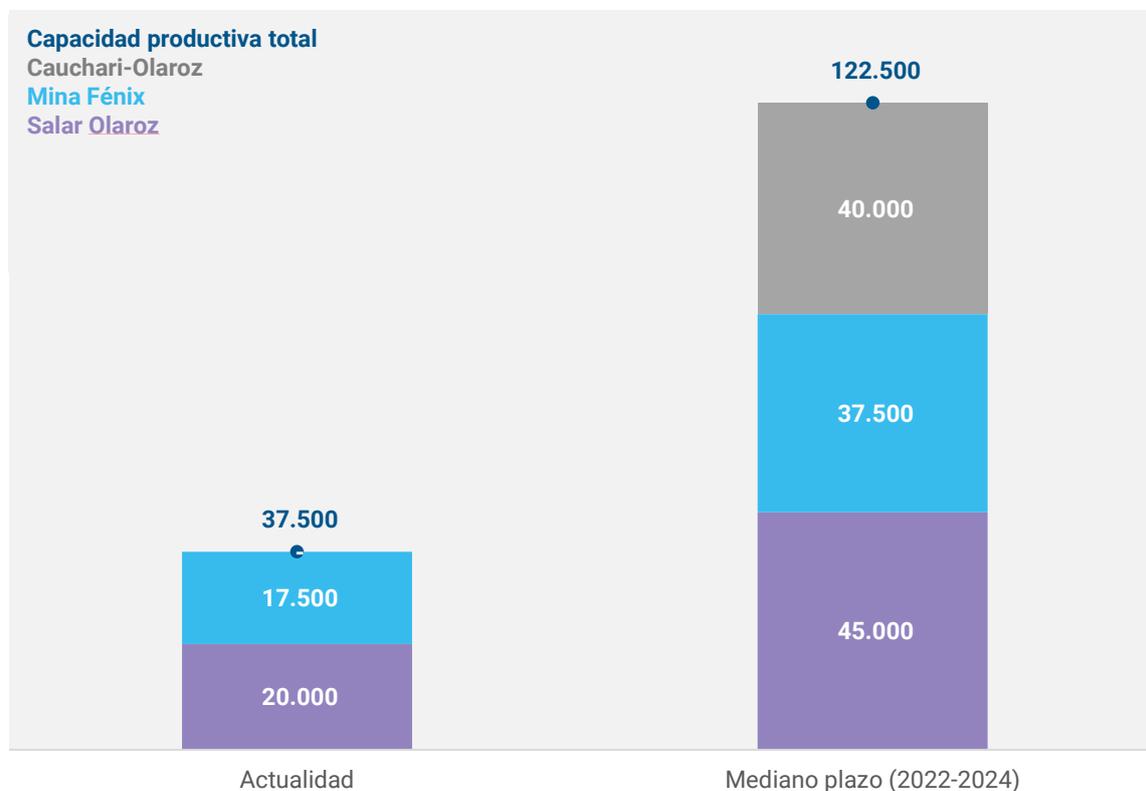
A la expansión de los dos proyectos existentes, se suma la construcción en marcha de Cauchari Olaroz, también en Jujuy. Se trata de un *joint venture* que lidera la empresa china Ganfeng Lithium (46,7%); lo complementan Lithium Americas (44,8%) –dueña original del proyecto– y JEMSE (8,5%). La empresa prevé iniciar la producción comercial de carbonato de litio grado batería –con 99,5% de pureza– en el tercer trimestre 2022, con una capacidad proyectada de 40.000 toneladas LCE, mediante una inversión que se estima en USD 641 millones.

Gracias a los mencionados proyectos ya en marcha, la capacidad productiva de litio en Argentina se triplicará entre 2022 y 2024, al pasar de las 37.500 toneladas LCE instaladas en la actualidad a 122.500.

---

<sup>8</sup> Los cálculos de la empresa no contemplan IVA ni capital de trabajo.

**Gráfico 18. Capacidad productiva argentina de litio en 2021 y proyectada a mediano plazo (2022-2024), en toneladas LCE**

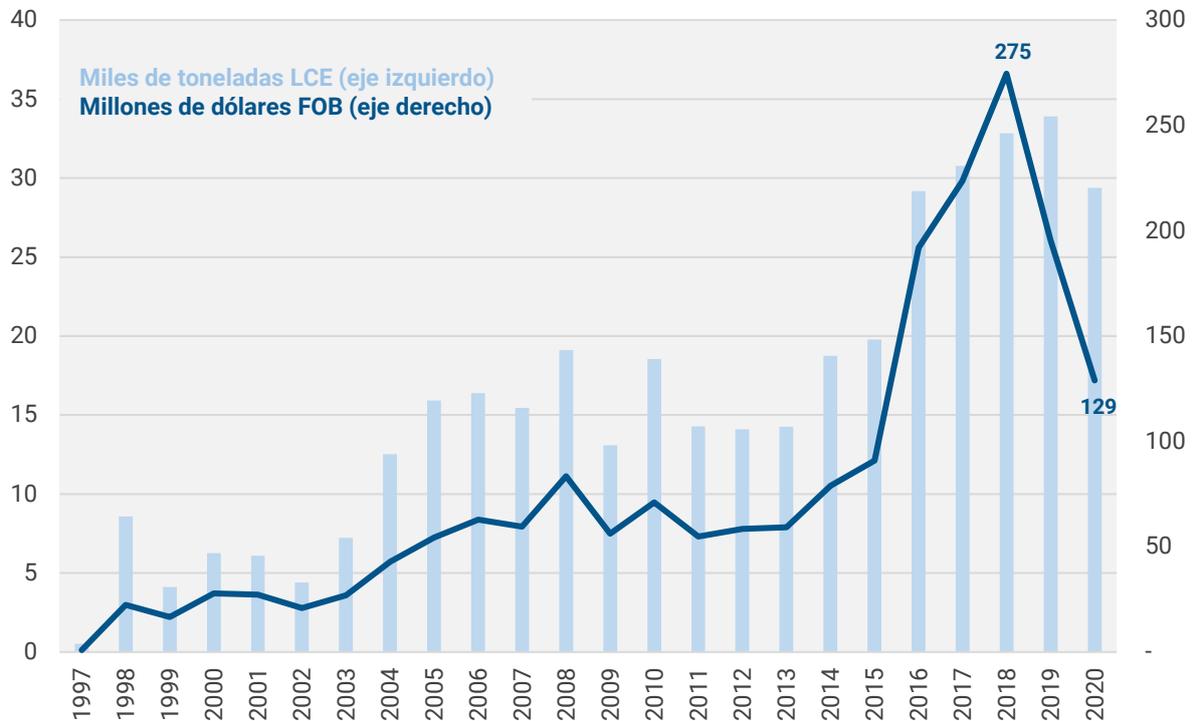


Fuente: elaboración propia con base en Secretaría de Minería (2021).

Desde la puesta en marcha de Mina Fénix en 1997 hasta 2020, las exportaciones de litio acumularon alrededor de USD 1.933 millones (equivalentes ya al 10% de las exportaciones históricas de cobre realizadas por el país en el mismo período). En términos anuales, las ventas experimentaron un salto a partir del ingreso a producción del Salar Olaroz en 2015. Como fue comentado, la puesta en marcha de los proyectos de salmuera presenta procesos desafiantes y curvas de aprendizaje extensas. Quizás por tratarse de uno de los primeros proyectos de salmuera de litio, Mina Fénix demoró más de siete años en alcanzar un nivel de exportaciones en torno a las 16.000 toneladas al año y se expandió hasta las 20.000 toneladas promedio recién a partir de 2015.

Con la incorporación de Olaroz y la suba de precios de referencia, que promediaron los USD 9.500 por tonelada en 2017, las exportaciones sumaron USD 224 millones. Esa cifra se incrementó a USD 275 millones en 2018, cuando el precio se disparó a los USD 14.050 por tonelada en promedio. Con la caída de los precios entre 2018-2019, los montos transados también disminuyeron (no así las cantidades). La pandemia de COVID-19 repercutió negativamente tanto en las cantidades como en los precios exportados, lo cual determinó una sensible reducción de las ventas externas, que acumularon USD 129 millones, menos de la mitad de las de 2018.

**Gráfico 19. Evolución de las exportaciones de litio en cantidades y valores, 1997 a 2020**



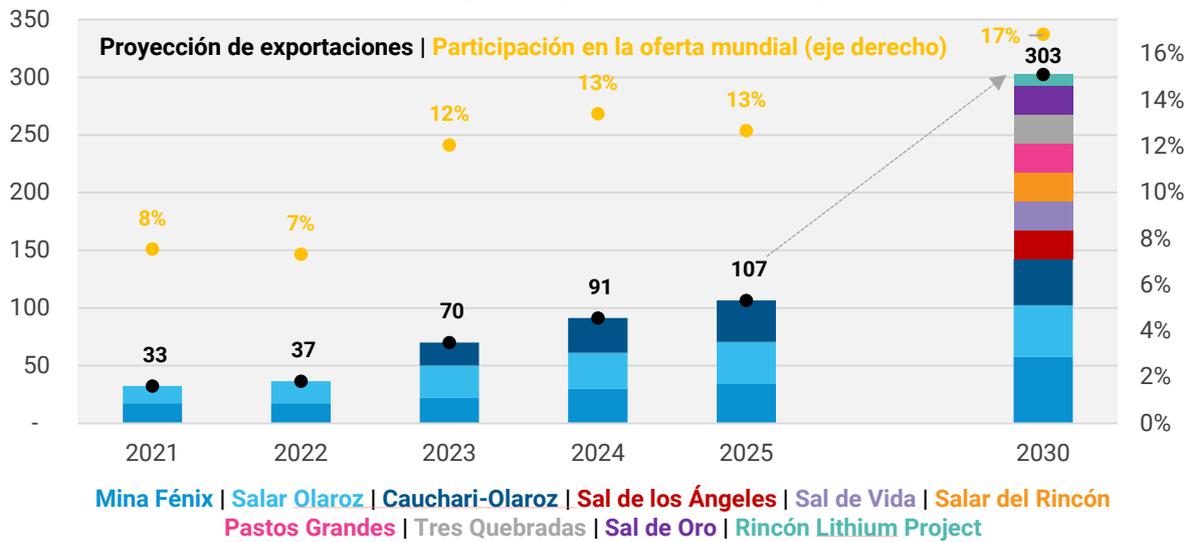
Fuente: elaboración propia con base en datos de DGA-AFIP.

Además de las operaciones que ya se encuentran en funcionamiento o en construcción, existen al menos otros 17 proyectos en etapas avanzadas, de los cuales siete cuentan con plantas piloto para evaluar métodos de producción o están próximos a ponerlas en marcha. Estos proyectos pueden expandir la capacidad productiva de Argentina en 240.000 toneladas LCE.

De acuerdo con los cronogramas de Mina Fénix, Salar Olaroz y Cauchari Olaroz y estimándose que los escalamientos productivos podrán realizarse en tres años, con una incorporación a producción del 50% de la capacidad añadida el primer año, del 75% en el segundo y del 90% el último, las exportaciones de litio pasarían progresivamente de las 29.000 toneladas LCE alcanzadas en 2020 a 106.500 en 2025. Si las proyecciones de demanda observadas en el gráfico 17 fueran satisfechas en su totalidad por nueva producción, Argentina incrementaría –hacia mediados de la década– hasta el 13% su participación en la oferta global de litio.

Puede estimarse para los próximos diez años la incorporación de los siete proyectos que se encuentran evaluando procesos productivos con plantas piloto. De esta manera, hacia 2030 Argentina podría producir unas 302.500 toneladas, lo que equivale a una participación mundial cercana al 17%.

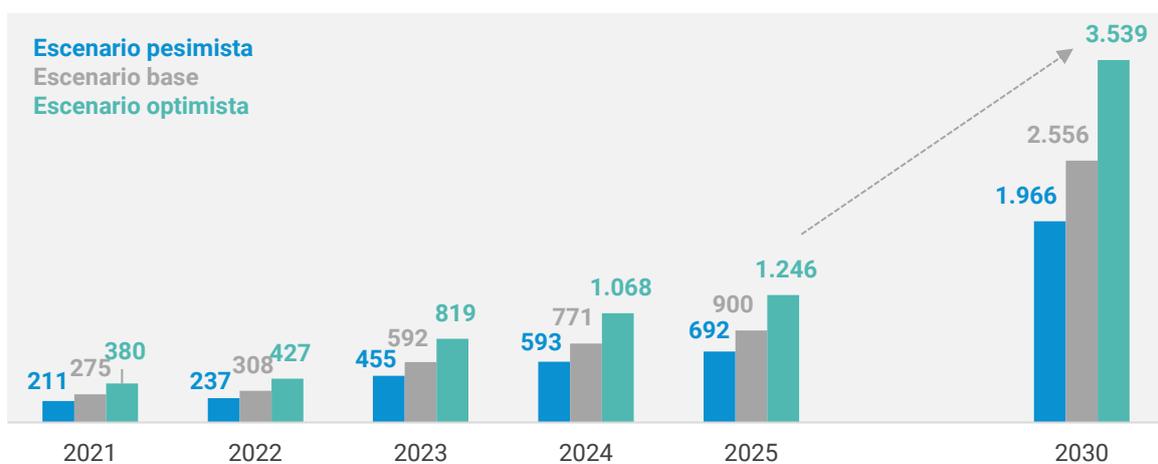
**Gráfico 20. Escenario esperado de la producción de litio en Argentina, proyección de exportaciones (miles de toneladas LCE) y participación mundial en la producción global**



Fuente: elaboración propia con base en Secretaría de Minería (2020).

El crecimiento de la producción se traduciría así en una suba de las exportaciones, que podrían pasar de los casi USD 200 millones registrados en 2019 hasta USD 900 millones de cara a 2025, únicamente con el ingreso a producción de las construcciones en curso (escenario base). Considerando la puesta en marcha de los siete proyectos que están evaluando procesos productivos en la actualidad, hacia 2030 las exportaciones podrían acercarse a los USD 2.556 millones, valor cercano al conjunto de las exportaciones mineras argentinas de 2020.

**Gráfico 21. Escenarios de exportaciones de proyectos de litio de Argentina, en millones de dólares, 2021 a 2030**



Fuente: elaboración propia con base en Secretaría de Minería (2021), [Fastmarkets](#) e información pública de los proyectos.

## 4. Conclusiones

Argentina cuenta con salares con elevadas concentraciones de litio, que permiten la explotación a costos relativamente bajos. Por este motivo, ha sido objeto de inversiones y ya cuenta con 16 proyectos avanzados. Con los proyectos que se encuentran en ampliación y construcción en este momento –y de ponerse en marcha los que están evaluando procesos productivos mediante plantas piloto–,<sup>9</sup> Argentina podría proveer el 17% de la demanda de litio global hacia 2030, lo que equivale a unas 303.000 toneladas LCE al año que equipararían la producción que Cochilco (2020) estima para Chile. Lo anterior representa exportaciones que pueden alcanzar entre USD 2.000 y 3.500 millones, dependiendo de los escenarios planteados. Con este aporte, el complejo minero podría duplicar sus ventas externas (que cerraron 2020 en cerca de USD 2.600 millones), lo que para el país implicaría un incremento de al menos el 4% en su nivel de exportaciones.

En un escenario opuesto, si no pudieran ponerse en marcha los proyectos de litio de nuestro país, existen en el mundo suficientes reservas cuantificadas para cubrir la demanda de, al menos, los próximos diez años. Adicionalmente, si la ejecución de estos proyectos se demora, es probable que nuevos avances tecnológicos mejoren la situación a nivel mundial y hagan factibles económicamente yacimientos que hoy no lo son, con lo que los proyectos locales podrían perder competitividad. Es menester por lo tanto establecer incentivos y mecanismos que permitan poner en marcha la mayor cantidad de yacimientos posibles, mientras los proyectos locales cuenten con ventaja frente a otros. Muchos salares han sido desarrollados por empresas junior, las cuales llevan adelante únicamente etapas iniciales pero no suelen avanzar a etapas productivas, a la espera de una adquisición por empresas de mayor tamaño. Esto genera que muchos proyectos se encuentren detenidos a la espera de un comprador.

Es necesario un diagnóstico para conocer todas las variables que provocan esta situación. Una alternativa por analizar, a fin de acelerar la puesta en marcha de proyectos y minimizar posibles actitudes especulativas por parte de los propietarios de concesiones, es la intervención en los plazos y montos de inversión establecidos por el Código de Minería (Ley 1.919). En este se establece la obligación del concesionario minero a invertir un monto inicial no menor a 300 veces el valor del canon minero<sup>10</sup>, en un plazo inicial de cinco años (Art. 217). Tras este plazo, el dueño de la concesión puede mantener inactiva la propiedad –sin trabajos regulares de exploración, preparación o producción– por al menos cuatro años adicionales. Luego de este plazo, la autoridad minera podrá exigir la presentación de un nuevo proyecto inversiones para ejecutarse en los siguientes cinco años (Art. 225). No obstante, la desactualización de los montos fijados para el canon minero<sup>11</sup> hace que los planes de inversión requeridos sean bajos para la puesta en marcha de un proyecto; sumado a los largos períodos de tiempo disponibles, no existen incentivos en la ley para acelerar la venta o puesta en marcha del proyecto.

En cuanto a la industrialización, si bien el litio constituye un insumo esencial e irremplazable en la batería, representa solo el 1% del volumen contenido y aproximadamente el 3% del costo final, por lo que disponer del recurso no alcanza para avanzar en la cadena de valor hacia instancias de fabricación de baterías o sus partes. Las ventajas de cercanía e integración con la industria automotriz determinan que las inversiones y el desarrollo de capacidades en eslabones de celdas y baterías de ion-litio –de escalas cada vez mayores– tiendan a realizarse en países o regiones donde se observan o esperan los mayores incrementos en la producción de vehículos eléctricos. A esto deben añadirse los ingentes esfuerzos

---

<sup>9</sup> Existen otros proyectos en etapas avanzadas sin plantas piloto, que no fueron considerados para esta proyección.

<sup>10</sup> Monto fijado por ley que se debe pagar al gobierno provincial de manera periódica para mantener la concesión.

<sup>11</sup> Su última actualización data del año 2014 (Ley 27.111).

fiscales que están realizando gobiernos de países desarrollados para incentivar la instalación de gigafactorías.

En la actualidad, el mercado de VE argentino se encuentra a la espera del avance de la ley de promoción de la electromovilidad; no obstante, el mercado de vehículos tradicionales –que serían reemplazados por los VE– es pequeño en relación con otros y las falencias de coordinación entre los países que conforman el Mercosur dificultan el establecimiento de Argentina como plataforma de producción regional de baterías de ion-litio, por lo que una estrategia de este tipo implica desafíos de coordinación con el resto de países de nuestro bloque económico.

La elaboración de partes de baterías –precursores y cátodos en especial– aparece como una opción factible en un plazo menor, aunque presenta inconvenientes y una creciente integración con la producción de celdas. Los precursores, para fabricar cátodos, requieren de un conjunto de minerales que por ahora no se encuentran disponibles en el país, tales como cobalto, níquel o manganeso para las tecnologías NMC. En el caso de las baterías LFP, utilizadas principalmente para transporte público o pesado, existen antecedentes de extracción de hierro y de fosfato a nivel local y regional, por lo que parece una alternativa menos lejana.

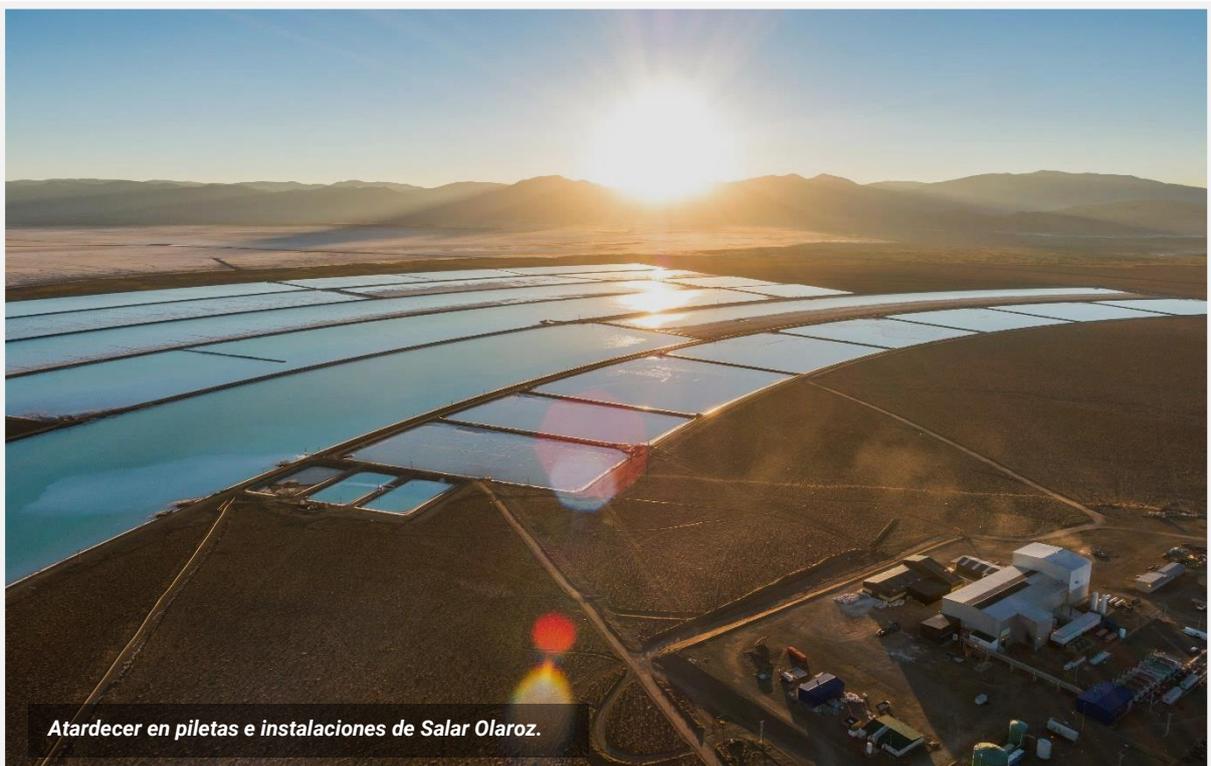
Para mejorar su perfil de productor de litio, Argentina puede buscar incentivos que permitan, por un lado, elaborar litio de alta calidad. Como fue mencionado, el carbonato y el hidróxido que se encuentran en el mercado presentan diferencias y calidades variadas. Además del grado de concentración, existen diferentes niveles de pureza y composiciones químicas que impactan en su precio de mercado. Por otro lado, se espera que las baterías de ion-litio con tecnología NMC sean las más demandadas en el mundo durante la próxima década. Dado que estas utilizan hidróxido de litio, cuya producción se está descentralizando gradualmente (ya se produce en Chile y se producirá en Australia), representan una alternativa para incorporar valor agregado local.

Según el perfil de las empresas cuya instalación se priorice en el país, se establecen diferentes estrategias productivas para la cadena de litio local. Mientras las empresas integradas intrafirma (como Gangfeng o Livent) ofrecen una mayor cantidad de eslabones que potencialmente pueden deslocalizarse en el país –que van desde la producción de compuestos químicos de litio hasta en algunos casos celdas de baterías–, las que se especializan en la explotación de los recursos (como Sales de Jujuy) ofrecen mayores oportunidades de integración para el desarrollo de actores locales.

Por otro lado, la reciente creación de la división de litio de YPF es una oportunidad para incrementar la participación nacional en proyectos y desarrollar aún más la cadena local de proveedores. Tanto en Chile como en Australia la mayoría de los proyectos cuentan con participación de empresas locales, lo cual permite influir en la toma de decisiones y en las estrategias que sigue cada uno, a favor del desarrollo local. En materia de proveedores, la empresa petrolera cuenta con una larga trayectoria en su desarrollo en sectores petroquímicos, con cierto punto de contacto con la actividad en las salmueras, por lo que su experiencia y capacidad podría ser positiva para aumentar la densidad de la cadena de proveedores local.

Finalmente, debe mencionarse que el aprovechamiento de nuestras reservas de litio tiene que llevarse a cabo mejorando sistemáticamente los estándares ambientales. Esto involucra el diseño e implementación de políticas de prevención, reducción y mitigación de impactos negativos, así como el control y gestión de los riesgos ambientales, y la restauración y la compensación ambiental. En este sentido, todo emprendimiento debe desarrollarse con la premisa de preservar los servicios ecosistémicos de su territorio, internalizando los retos del cambio climático (por ejemplo, reducción de emisiones de carbono vía mayor eficiencia energética y/o uso de energías limpias) y propiciando una mayor economía circular.

En la misma dirección, la innovación tecnológica y la gestión ambiental deben promover mejoras en el desempeño ambiental en los procesos productivos a lo largo de toda la cadena de valor. Asimismo, es necesario fortalecer las capacidades de fiscalización estatal, de monitoreo ambiental sobre los procesos de la cadena de valor y de disponibilidad de información.

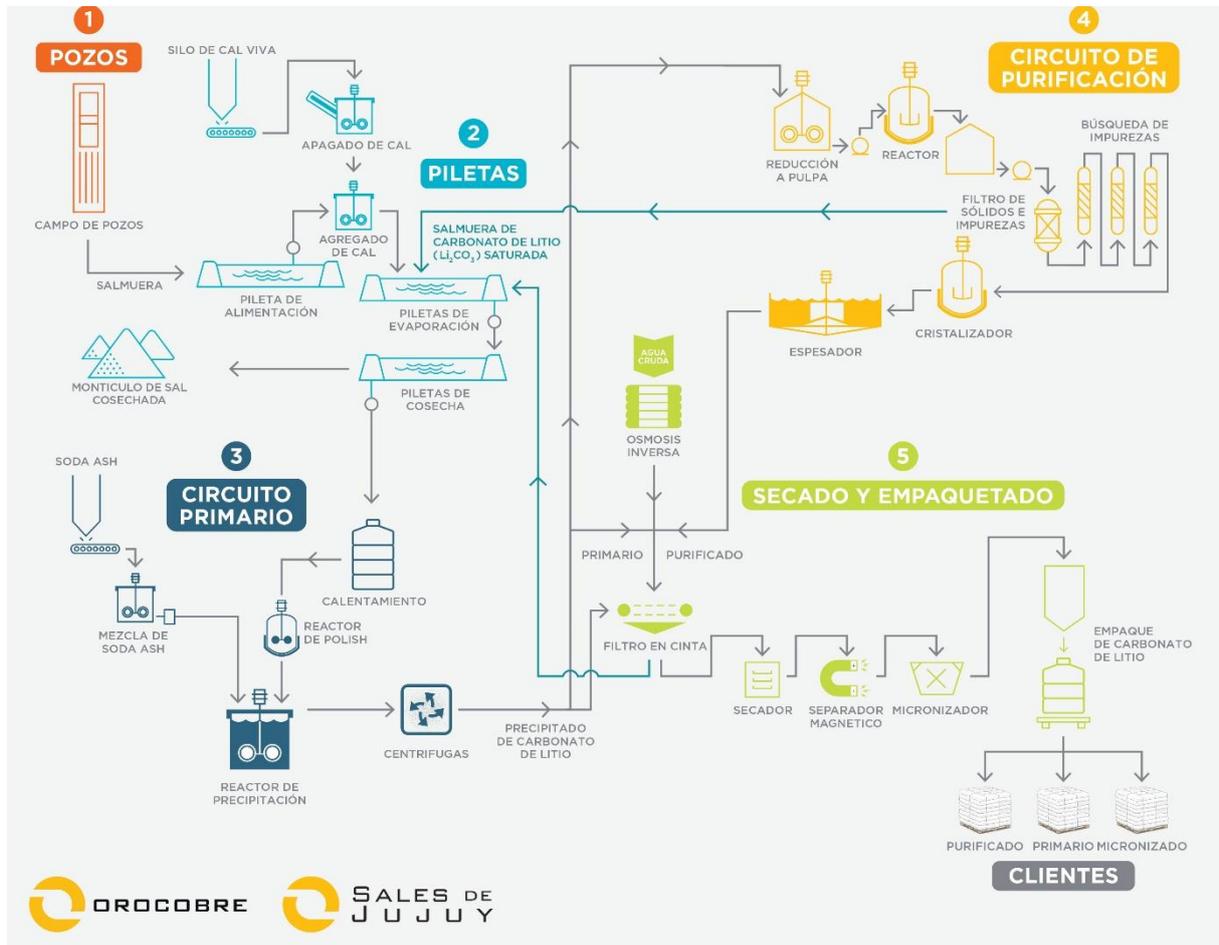


## Anexo

<b>Cuadro 3. Proyectos de litio avanzados en Argentina</b>			
<b>Proyecto</b>	<b>Empresa(s)</b>	<b>Capacidad proyectada (en toneladas LCE)</b>	<b>Estado</b>
Centenario Ratones	Eramet	24.000	Factibilidad
Sal de los Ángeles	NextView Energy Lion HK Ltd	25.000	Factibilidad en estudio / Planta piloto en construcción.
Sal de Vida	Galaxy Resources Ltd	25.000	Factibilidad / Planta Piloto
Salar del Rincón	Rincón Ltd	25.000	Factibilidad / Planta Piloto Modular
Pastos Grandes	Milennial Lithium	24.000	Factibilidad / Planta Piloto en construcción
Tres Quebradas (3Q)	Neo Lithium Ltd	25.000	Factibilidad en estudio / Planta Piloto
Sal de Oro	Posco	25.000	Exploración Avanzada / Planta Piloto en construcción
Rincón Lithium Project	Argosy Minerals Ltd y Otros	10.000	Evaluación Económica Preliminar (PEA) / Planta Piloto
Kachi	Lake Resources	25.000	Prefactibilidad
Pozuelos - Pastos Grandes (PPG)	Lítica (Pluspetrol)	25.000	Evaluación Económica Preliminar (PEA)
Cauchari	Orocobre Limited	25.000	Evaluación Económica Preliminar (PEA)
Mariana	International Lithium / Jiangxi Ganfeng Lithium	10.000	Evaluación Económica Preliminar (PEA)
Salar del Hombre Muerto Norte	NRG Metals	5.000	Evaluación Económica Preliminar (PEA)
Salinas Grandes	LSC Lithium Corp	s/d	Exploración Avanzada
Salar de Pular	Pepinni Lithium Limited	s/d	Exploración Avanzada
Rincón Project	Pepinni Lithium Limited	s/d	Exploración Avanzada
Río Grande	Lítica - Pluspetrol	s/d	Exploración Avanzada

Fuente: elaboración propia con base en Secretaría de Minería (2021) e información pública de empresas.

Figura 5. Proceso productivo proyecto Olaroz (Jujuy)



Fuente: [Sales.de.Jujuy](http://Sales.de.Jujuy).

## Glosario

**Ánodo:** polo negativo de una batería. Se elabora usualmente con grafito.

**Cátodo:** polo positivo de una batería. Es el componente crítico de una batería de ion-litio y existen diferentes tecnologías para su producción.

**Electrolito:** sustancia ubicada entre los dos polos de la batería de ion-litio compuesta de sales, disolventes y aditivos.

**Separador:** barrera física que mantiene separados cátodo y ánodo; usualmente se utilizan resinas sintéticas como polietileno y polipropileno.

**Celda:** unión del cátodo, ánodo, electrolito y separador; constituye el componente de menor tamaño que forma una batería.

**Módulos:** agrupación e interconexión de varias celdas.

**Packs:** interconexión de módulos junto a placas y sistemas de refrigeración.

**Grado batería:** compuesto químico de litio con elevado nivel de pureza, suficiente para su aplicación a baterías de ion litio. En el caso del carbonato de litio, se hace referencia a un grado de pureza usualmente mayor al 99,5% y en el del hidróxido de litio a la menor presencia de impurezas, como en otros minerales.

**Grado técnico:** compuesto químico de litio con pureza suficiente para su uso en industrias tradicionales como cerámicas, grasas, lubricantes, vidrios, etcétera. En el caso del carbonato de litio, se hace referencia a un grado de pureza mayor al 99% y menor al 99,5%.

**Pegmatitas:** minerales en forma rocosa. En este informe se hace referencia a yacimientos con elevado nivel de concentración de litio, usualmente en forma de espodumeno.

**Precursor:** mezcla de minerales y compuestos que, mediante una reacción química, produce un insumo necesario para la elaboración de cátodos.

**Salmueras:** acumulaciones subterráneas de agua en cuencas cerradas, con elevada concentración de sales y litio.

## Principales tecnologías de baterías mencionadas en este trabajo:

**Baterías LFP:** baterías de ion-litio con cátodo elaborado a base de litio ferro fosfato.

**Baterías NMC:** baterías de ion-litio con cátodo elaborado a base de óxido de níquel manganeso cobalto litio.

**Baterías LCO:** baterías de ion-litio con cátodo elaborado a base de óxido de cobalto de litio.

## Referencias bibliográficas

Baruj, G.; Dulcich, F.; Porta, F.; y Ubogui, M. (2021). La transición hacia la electromovilidad: panorama general y perspectivas para la industria argentina. Documentos de Trabajo del CCE N° 5, Consejo para el Cambio Estructural - Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación.

Baspineiro, C. F.; Franco, J.; y Flexer, V. (2020). Potential water recovery during lithium mining from high salinity brines. *Science of the Total Environment*, 720, pp. 137-523. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137523>.

BloombergNEF (2021a). Hitting the EV Inflection Point. Electric Vehicle Price Parity and Phasing Out Combustion Vehicle Sales in Europe [archivo PDF]. Transport and Environment. <https://www.transportenvironment.org/publications/hitting-ev-inflection-point>

BloombergNEF (2021b). Electric Vehicle Outlook 2021. <https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/>.

Cochilco (2019), Mercado Internacional del Litio Y su Potencial en Chile. Comisión Chilena del Cobre. <https://www.cochilco.cl/Mercado%20de%20Metales/Informe%20Litio%209%2001%202019.pdf>.

Cochilco (2020), Oferta y demanda de litio hacia el 2030. Comisión Chilena del Cobre. <https://www.cochilco.cl/Mercado%20de%20Metales/Produccion%20y%20consumo%20de%20litio%20hacia%20el%202030.pdf>.

Coffin, D. y Horowitz, J. (2018). The Supply Chain for Electric Vehicle Batteries. *Journal of International Commerce and Economics*, diciembre. United States International Trade Commission.

CRU Consulting (2021). Análisis del mercado de baterías de iones de litio. Banco Interamericano de Desarrollo.

Eddy, J.; Pfeiffer, A.; y Van de Staaïj, J. (2019). Recharging Economies: The EV-battery Manufacturing Outlook for Europe. Mc Kinsey & Company.

Ellingsen, L. y Hung, C. (2018). Research for TRAN Committee - Battery-powered electric vehicles: market development and lifecycle emissions. Directorate-General for Internal Policies of the Union (European Parliament). DOI:10.2861/944056.

Heineke, K.; Kloss, B.; y Scurtu, D. (16 de julio de 2020). The future of micromobility: Ridership and revenue after a crisis. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/the-future-of-micromobility-ridership-and-revenue-after-a-crisis#>.

IEA (2020). Promoting vehicle efficiency and electrification through stimulus packages. International Energy Agency. <https://www.iea.org/articles/promoting-vehicle-efficiency-and-electrification-through-stimulus-packages>.

IEA (2021a). The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions. International Energy Agency.

IEA (2021b). Global EV Outlook 2021. International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021>.

LaRocca, G. M. (2020). Global Value Chains: Lithium in Lithium-ion Batteries for Electric Vehicles. United States International Trade Commission.

LeVine, S. (5 de febrero de 2015). The man who brought us the lithium-ion battery at the age of 57 has an idea for a new one at 92. Quartz. <https://qz.com/338767/the-man-who-brought-us-the-lithium-ion-battery-at-57-has-an-idea-for-a-new-one-at-92/>.

Livent (s.f.). Livent Corporation. Investor Presentation [presentación]. [http://s22.q4cdn.com/453302215/files/doc\\_presentations/2021/05/Livent-Investor-Presentation\\_for-website.pdf](http://s22.q4cdn.com/453302215/files/doc_presentations/2021/05/Livent-Investor-Presentation_for-website.pdf).

LSC Lithium Corporation (diciembre de 2018). An Emerging Lithium Producer Focused on Near-Term Production. Developing Lithium Projects in Argentina [presentación]. [https://minedocs.com/20/LSCLithiumCorp\\_Presentation\\_12042018.pdf](https://minedocs.com/20/LSCLithiumCorp_Presentation_12042018.pdf).

Obaya, M. y Céspedes, M. (2021). Análisis de las redes globales de producción de baterías de ion de litio. Implicaciones para los países del triángulo del litio. Naciones Unidas.

Pilbara Minerals (11 de mayo de 2021). Pilbara Minerals and the Pilgangoora Project – Ready for the global energy transformation [presentación]. Investor Strategy and Outlook Forum. <http://www.pilbaraminerals.com.au/site/PDF/00473bb6-1fe2-45a4-8704-1d82215a0c6c/CorporatePresentationInvestorStrategyandOutlookForum>.

Pilbara Minerals (mayo de 2018). Powering a Sustainable Energy Future, Corporate Presentation.

Pilbara Minerals (25 de febrero de 2020). Pilgangoora – positioned for the future [presentación]. The BMO 29th Global Metals & Mining Conference.

Reddy, T. B. y Linden, D. (2011). Linden's Handbook Of Batteries. The McGraw-Hill Companies, Inc.

Samsung SDI (s.f.). The Four Components of a Li-ion Battery. <https://www.samsungsdi.com/column/technology/detail/55272.html?listType=gallery>

Scott, S. y Ireland, R. (2020). Lithium-Ion Battery Materials for Electric Vehicles and their Global Value Chains. Office of Industries, Working Paper ID-068, USITC.

Secretaría de Minería (2019). Cartera de proyectos mineros: oferta minera y potencial de desarrollo de la minería argentina y evolución en exploración. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/\\_utf-8\\_q\\_noviembre\\_2019\\_cartera\\_de\\_proyectos\\_mineros5foferta\\_y\\_potencial\\_de\\_desarrollo\\_de\\_la\\_minerc3ada\\_argenti.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/_utf-8_q_noviembre_2019_cartera_de_proyectos_mineros5foferta_y_potencial_de_desarrollo_de_la_minerc3ada_argenti.pdf).

Secretaría de Minería (2020). Litio en Argentina. IX, Seminario Internacional Litio en la Región de Sudamérica.

Secretaría de Minería (2021). Lithium in Argentina [presentación]. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/litio\\_en\\_argentina\\_ingles.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/litio_en_argentina_ingles.pdf)

The Nobel Prize in Chemistry (2019), They developed the world's most powerful battery

World Economic Forum (2019), A Vision for a Sustainable Battery Value Chain in 2030, Global Battery Alliance

Yu, A. y Sumangil, M. (16 de febrero de 2021). Top electric vehicle markets dominate lithium-ion battery capacity growth. S&P Global Market Intelligence. <https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/news-insights/blog/top-electric-vehicle-markets-dominate-lithium-ion-battery-capacity-growth>.