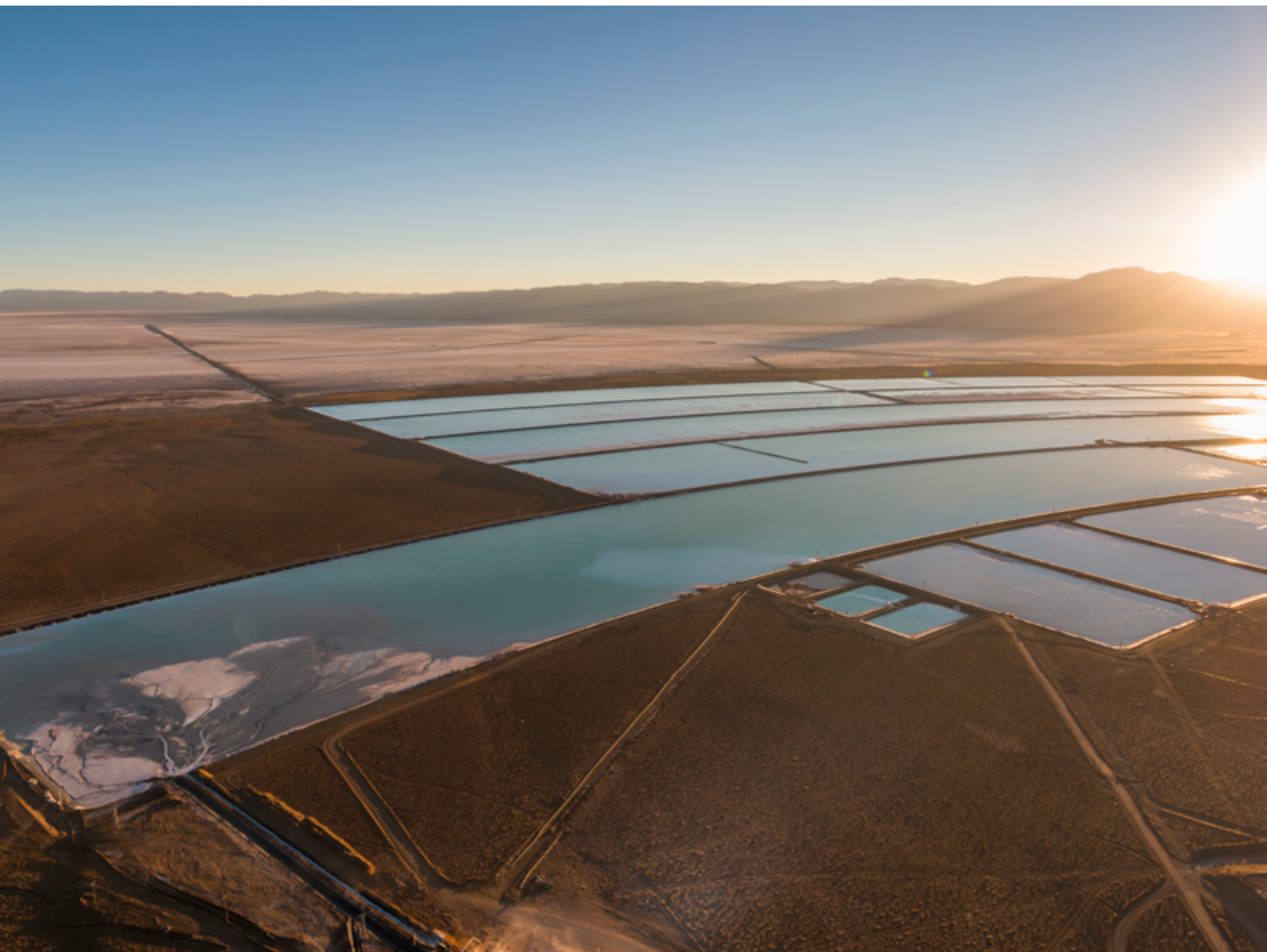


INFORME LITIO

Secretaría de Minería



Equipo de trabajo

Director de Economía Minera
Lic. Jorge M. González

Colaboradora
C.P. Méndez Silvana

Autoridades Nacionales

Presidencia de la Nación

Dr. Abg. Alberto Fernández

Ministerio de Desarrollo Productivo

Dr. Cs. Sociales Matías Kulfas

Secretaría de Minería

Dr. Abg. Alberto Hensel

Subsecretaría de Desarrollo Minero

Dr. Cs. Económicas Jorge Andrés Vera

Director Nacional de Promoción y Economía Minera

Lic. Nadav Rajzman



Resumen Ejecutivo

En este documento se investiga el litio desde una perspectiva económica y de la forma más íntegramente posible. El motivo de este estudio es la relevancia que tomó el recurso en los últimos años, lo que vuelve indispensable estudiar el mercado, la gestión y las experiencias en la región.

A partir de 2011 se observó un fuerte incremento en el precio mundial del carbonato de Litio (LCE, por sus siglas en inglés) como consecuencia de la mayor demanda del recurso para la fabricación de baterías para automóviles y dispositivos electrónicos. Este hito presenta una posibilidad de generar mayor cantidad de divisas para Argentina. En este punto, las tensiones entre la escasa oferta y la creciente demanda promueven un precio internacional atractivo.

La fuente principal de litio en Argentina se encuentra en los salares de la Puna mientras que, en otros países, Australia, por ejemplo, realizan la extracción del recurso desde pegmatitas. Esto, simultáneamente, representa ventaja y desventaja, ya que Argentina posee menores costos operativos en términos relativos, pero los tiempos de reacción a shocks de demanda son más lentos.

Actualmente Argentina es el cuarto productor mundial del recurso, luego de Australia, Chile y China. El triángulo del litio compuesto por Argentina, Bolivia y Chile cuenta con cerca del 65% de los recursos mundiales de litio y alcanza el 29,5% de la producción mundial total para 2020. No obstante, Argentina cuenta con un enorme potencial para aumentar su participación en la oferta global del mineral. Al mismo tiempo, presenta el desafío de mejorar la eficiencia y la sustentabilidad ambiental de las técnicas evaporíticas implementadas actualmente, como también de diseñar innovadores procesos no evaporíticos e incluso destinar recursos a la investigación para el desarrollo de nuevos métodos que permitan aprovechar el resto de los elementos presentes en la salmuera.

Executive Summary

This paper investigates lithium from an economic perspective and as entirely as possible. The reason for this study is the relevance of the resource in recent years, which makes it essential to study the market, management and experiences in the region.

Starting in 2011, a strong increase in the world price of lithium carbonate was observed as a consequence of the greater demand for the resource for the manufacture of batteries for automobiles and electronic devices. This milestone presents a possibility of generating a greater amount of foreign currency for Argentina. At this point, the tensions between scarce supply and growing demand promote an attractive international price.

The main source of lithium in Argentina is in the Puna salt flats, other countries such as Australia extract the resource from pegmatites. This simultaneously represents an advantage and a disadvantage. Argentina has lower operating costs in relative terms, but reaction times to demand shocks are slower.

Currently Argentina is the fourth world producer of the resource, after Australia, Chile and China. The lithium triangle made up of Argentina, Bolivia and Chile has about 65% of the world's lithium resources and reaches 29.5% of total world production by 2020. However, the country has enormous potential to increase its participation in the global supply of the mineral. In addition, at the same time, it has the challenge of improving the efficiency and environmental sustainability of the evaporite techniques currently implemented, as well as designing innovative non-evaporitic processes. As well as, allocate resources to research for the development of new methods that take advantage of the rest of the elements present in the brine.

Indice

| | |
|--|-----------|
| I. Introducción..... | 5 |
| I.1. Reseña histórica..... | 5 |
| I.2. Proceso productivo del litio..... | 5 |
| I.2.1. Proceso productivo a partir de salares..... | 6 |
| I.2.2. Proceso productivo a partir de pegmatitas (mineral)..... | 7 |
| I.3. La cadena del litio aguas arriba: Oportunidades y desafíos en materia de exploración, extracción y producción..... | 8 |
| II. Panorama mundial..... | 9 |
| II.1. Demanda..... | 9 |
| II.2. Oferta..... | 12 |
| II.3. Evolución de precios..... | 15 |
| II.4. Perspectivas del mercado..... | 16 |
| II.5. Recursos y Reservas..... | 20 |
| III. Triángulo del litio..... | 22 |
| III.1. Casos Bolivia y Chile..... | 22 |
| III.2. El caso de Argentina..... | 24 |
| III.2.1. Exportación..... | 26 |
| III.2.2. Empleo..... | 27 |
| III.2.3. Potencialidad del sector..... | 28 |
| IV. Bibliografía..... | 30 |

I. Introducción

I.1. Reseña histórica

En 1817 el químico sueco Johan August Arfwedson descubrió el elemento conocido como litio (del griego piedra), nombrado así para indicar que dicho elemento proviene de un mineral. Es el tercer elemento en la tabla periódica encabezando el grupo de los metales alcalinos, lo que le concede ciertas propiedades naturales. Estos metales presentan densidades muy bajas y son buenos conductores del calor y la electricidad; reaccionan de inmediato con el agua, el oxígeno y otras sustancias químicas, y nunca se los encuentra como elementos libres (no combinados) en la naturaleza.

El litio, al ser el más ligero de todos los metales (posee una gravedad específica de 0,534), se utiliza en el tratamiento de aire, baterías, cerámica, vidrio, metalurgia, productos farmacéuticos y polímeros. Actualmente se implementa en la elaboración de baterías recargables de ion-litio, las cuales son particularmente importantes en los esfuerzos para reducir el calentamiento global, ya que permiten proveer de electricidad a vehículos a partir de fuentes de energía renovables (por ejemplo, hidroeléctrica, solar o eólica) en lugar del uso de combustibles fósiles. No obstante, este uso del litio no es novedoso, ya que en 1991 las compañías Sony y Asahi Kasei comercializaban las primeras baterías de ion de litio y, al año siguiente, AC Propulsión, desarrollaba la tecnología del vehículo eléctrico y empezaba a proporcionar productos y servicios de ingeniería automotriz a otros clientes en todo el mundo. Desde entonces, el desarrollo de las mencionadas tecnologías ha sido continuo y su mejoramiento es constante. En este sentido, el litio ha cobrado un importante papel en la sociedad moderna y, por tanto, la demanda del mismo se encuentra sujeta a sus crecientes aplicaciones.

Tal como se ha comentado al inicio de este apartado, el litio no se encuentra como un elemento libre en la naturaleza: Uno de los lugares donde puede hallarse es disuelto en el agua de mar, aproximadamente 0,17 ppm (partes por millón), pero tiende a fijarse en las arcillas que se depositan en los fondos marinos, lo que dificulta su extracción. Es así como una de las fuentes principales para la obtención de este mineral son las salmueras, aunque también se puede extraer de minerales graníticos de pegmatita (espodumena), es decir, de roca dura. Otras fuentes secundarias incluyen arcillas, salmueras geotermales, salmueras de campos petrolíferos y zeolitas.

Cabe aclarar que existen diferentes tipos de calidades de compuestos de litio, grado técnico y batería, que varían según la pureza del mineral, la que se logra a partir de procesamientos químicos adicionales.

A escala global, Australia es el primer productor de litio y lo obtiene a partir de pegmatitas, lo sigue Chile, en segundo lugar, con mineral proveniente de salmuera. Al contar con los recursos, infraestructura y cultura minera, los proyectos más relevantes se encuentran en Australia, y es por eso que el país es el líder en este sector y muy posiblemente continúe siéndolo en el futuro próximo. Sin embargo, en las últimas décadas, el grupo de países compuesto por Chile, Bolivia y Argentina, conocidos por ubicarse en lo que se denomina como el “triángulo de Litio”, han cobrado mayor relevancia internacional debido a que se trata de una región que posee salares con altos niveles de concentración.

I.2. Proceso productivo del litio

Tal como se adelantó en el apartado anterior, existen dos tipos de depósitos que son la fuente de la explotación actual del litio. Estos son las pegmatitas (mineral) y los salares.

En esta sección se procederá a describir, de manera simplificada, cada uno de los procedimientos necesarios para cada tipo de explotación. Si bien cada tipo de proceso tiene sus particularidades, en ambos casos, la fase minera inicia con una etapa de prospección, continúa con la de exploración y, de resultar favorables las anteriores, se avanza a las etapas de evaluación económica preliminar (PEA), prefactibilidad y factibilidad, antes de decidir la explotación. Estas son las etapas necesarias, a modo de síntesis, para encontrar la cantidad de recursos en un área y los métodos de extracción y beneficio que

hagan económicamente factible su aprovechamiento. Si esta fase, junto con el resto de las condiciones ambientales, sociales y coyunturales resultan positivas para la ejecución de un proyecto, se da lugar a las tareas de acceso al mineral, en función del sistema de explotación diseñado y a la construcción de una planta de procesamiento para la obtención del producto final.

I.2.1. Proceso productivo a partir de salares

A modo de síntesis, este proceso consta de someter la salmuera extraída a distintas etapas de evaporación, que tienen lugar en piletas en las que se agrega cal para precipitar sales de sodio, potasio y magnesio, entre otras, hasta que se alcanza el contenido de litio. El procesamiento de compuestos de litio (carbonato, cloruro, hidróxido) continúa en una planta industrial, con un proceso químico en el que se utilizan reactivos para extraer nuevos residuos y alcanzar la pureza deseada.

Inicialmente se extrae parte de la salmuera por medio de un sistema de bombeo, para luego someterla a un proceso de evaporación en piletones cavados en las propias salinas e impermeabilizados, y de esa forma se recuperan las sales que están contenidas en la solución. El contenido de litio depende de la composición de las salmueras y, generalmente, es acompañado por otros elementos, como boro, bromo, calcio, carbonatos, cloruros, nitratos, magnesio, potasio y sodio. Esto significa que al ser variable la composición de los salares, el tratamiento de cada uno de ellos es específico y, por ende, el proceso productivo se ajustará a esa particularidad. La separación del litio se realizará en una planta de procesos en la que, según la tecnología desarrollada por cada productor, se llegará a la obtención de: carbonato de litio grado industrial o batería, hidróxido de litio, cloruro de litio, o fluoruro de litio.

La salmuera extraída del salar tiene un contenido aproximado de litio de 0,22% que, luego de ser sometida al tratamiento en las piletas de evaporación, puede llegar hasta un 6%, dependiendo de las impurezas presentes de boro y magnesio.

El proceso convencional consiste en la eliminación de boro a partir de su extracción con un disolvente (resina) seguido de la eliminación del magnesio y calcio, para lo cual se combina cal con dióxido de carbono. Como siguiente paso se precipita el carbonato de litio con carbonato de sodio (soda ash) a una alta temperatura, para finalmente realizar un lavado de la solución obtenida. Este último paso se debe a la escasa solubilidad del carbonato de litio, lo que permite separarlo del resto de los compuestos. No obstante, la salmuera residual contiene partes recuperables de litio que, en general, se recicla en las piletas de evaporación.

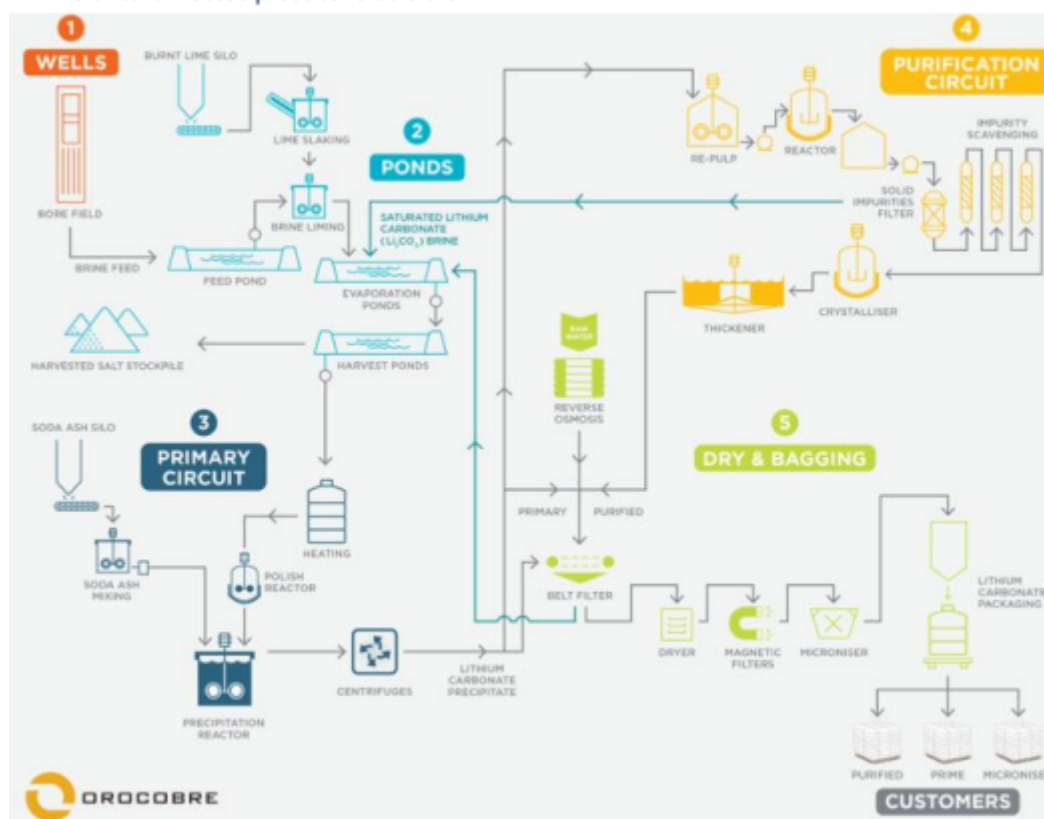
Ahora bien, si al carbonato de litio se lo somete al ácido clorhídrico, con una posterior concentración por cristalización en evaporadores al vacío, dará lugar a la obtención de cloruro de litio. Este compuesto puede luego ser sometido a un proceso de electrólisis y conseguir así, como producto final, litio metálico.

En el proceso de precipitaciones diferenciales utilizado para obtener el producto final (carbonato, hidróxido o fluoruro de litio) se utilizan diferentes reactivos químicos.

En el caso de presentar un alto contenido de sodio, los reactivos apropiados podrían ser benzoil-1,1,1-trifluoroacetona u óxido de trioctilfosfina disueltos en kerosene. Ahora bien, si la salmuera tuviera elevados contenidos de magnesio, podría utilizarse como reactivo tributilfosfina y cloruro férrico o utilizar la tributilfosfina, con perclorato de sodio y un líquido iónico o 1-butil-3-metilimidazolio hexafluorofosfato. En el Gráfico 1 se puede apreciar el proceso productivo que se lleva a cabo en Olaroz, un proyecto minero argentino cuyas empresas controlantes son Orocobre (australiana, 66,5%), Toyota Tsusho (japonesa, 25%) y Jujuy Energía y Minería Sociedad del Estado (JEMSE- argentina, 8,5%).

Gráfico 1: Proceso productivo de Olaroz

Gráfico 1: Proceso productivo de Olaroz



Fuente: <https://www.orocobre.com/operations/salar-de-olaroz/>

1.2.2. Proceso productivo a partir de pegmatitas (mineral)

Este proceso, a diferencia del anterior, tiene una familiaridad con las explotaciones tradicionales de otros tipos de metales, por lo que, bajo esta modalidad, se extraen los minerales de litio mediante minería a rajo o tajo abierto. Este mecanismo es usado principalmente en Australia, China, Zimbabue, Portugal y Brasil. El contenido promedio de óxido de litio (Li_2O) es de 1,5%. Los minerales extraídos del proyecto en explotación son sometidos a un proceso de concentración, el cual comprende chancado, molienda y flotación, obteniendo como resultado un concentrado de litio con una ley de 6,0 a 6,5% de Li_2O .

Si se desea producir hidróxido de litio (LiOH), la mezcla resultante del proceso anterior se muele y luego lixivia de manera de recuperar el litio en solución acuosa como hidróxido de litio. La pulpa lixiviada se sedimenta y filtra. El filtrado obtenido, que contiene cerca de 10% de hidróxido de litio en solución, se evapora y cristaliza en forma de hidróxido de litio monohidratado, luego se centrifuga y seca a 80-120°C con vapor indirecto para tener así los cristales secos del monohidrato. La solución obtenida en la centrifugadora se retorna al cristalizador y una pequeña parte se descarta para evitar acumulación de impurezas como aluminio (Al), magnesio (Mg), calcio (Ca), potasio (K) y cloro (Cl). Los cristalizadores se incrustan rápidamente de hidróxido de litio, por lo que requieren de un lavado semanal con ácido clorhídrico (HCl) para desincrustarlos mediante la formación de cloruro de litio. Este producto se debe tratar separadamente. Si se requiere hidróxido de litio anhidro, el monohidrato se calina a baja temperatura en vacío a 100- 120°C, envasando luego el producto, que es higroscópico.

Si se desea producir carbonato de litio desde el espodumeno calcinado, se lo muele y luego se trata con ácido sulfúrico concentrado (96-98%) a 250°C en un reactor agitado, formando así sulfato de litio (soluble) el cual se extrae luego mediante lixiviación de la calcina con agua a 50-60°C. La pulpa se decanta y filtra. La solución obtenida se trata con hidróxido de calcio para precipitar los sulfatos presentes, como sulfato de calcio y alúmina, y dejar el litio en solución como hidróxido. La reacción del espodumeno con ácido sulfúrico concentrado a 250°C ocurre en forma de una pasta semi-plástica con apariencia de cemento pastoso y con generación de gases con dióxido de azufre (SO₂), óxido de azufre (SO₃) y ácido sulfúrico gaseoso, lo cual requiere de reactores agitados tipo mezcladores u hornos de pisos, con control y neutralización de los gases de salida. El lavado del carbonato se hace con agua caliente a 90-95°C y las soluciones de lavado se recirculan al proceso para no perder litio disuelto. El producto obtenido es carbonato de litio de 98.5 – 99%

I.3. La cadena del litio aguas arriba: Oportunidades y desafíos en materia de explotación, extracción y producción

En el apartado anterior se han explicado sintéticamente las dos modalidades más utilizadas para la extracción del litio, según el origen del mismo: la extracción a partir de minerales pegmatíticos, mayoritariamente espodumeno, petalita y lepidolita, y la evaporación solar en salares.

Cada uno de estos procesos presenta una serie de ventajas. Respecto de la extracción a partir de minerales pegmatíticos, se puede mencionar la menor incidencia de factores meteorológicos y climáticos como así también los menores tiempos requeridos para la obtención inicial del recurso. No obstante, los costos operativos (OPEX) para este tipo de extracción suelen ser significativamente superiores a los requeridos en los salares. Esto encuentra su explicación en que el proceso de obtención del litio a partir de pegmatitas requiere de perforaciones, voladuras, trituración y separación física del recurso, además de poseer altos requerimientos de energía y una gran cantidad de reactivos.

En lo que respecta a los salares, su principal ventaja radica en menores OPEX y en un impacto ambiental relativamente bajo. En cuanto a desventajas, los costos de capital (CAPEX) son superiores a los requeridos por la explotación del recurso presente en rocas. Otro punto a tener en cuenta, son los tiempos requeridos para las fases de prospección y ensayos en la planta piloto que pueden llegar a extenderse por un período de diez años, y al mismo tiempo, los tiempos requeridos para completar la fase de evaporación pueden ubicarse entre los 12 y 24 meses. En este tipo de extracción los factores climáticos y meteorológicos, en especial las precipitaciones y el potencial de evaporación, juegan un rol fundamental, ya que afectan al proceso productivo. Finalmente, no se debe descuidar la posible fase de reinyectado de la solución salina post-extracción del litio en acuíferos subterráneos, ya que requiere de serios estudios hidrogeológicos del salar con el fin de no cometer errores que podrían provocar la disolución del recurso.

Ante las perspectivas crecientes de demanda de litio se han generado fuertes incentivos en atenuar algunas de las desventajas que se presentan en los métodos explicados. En este sentido, mientras que en los procesos de obtención del litio a partir de pegmatitas se busca disminuir los OPEX, en la extracción a partir de salmueras se tiene como objetivo reducir los CAPEX, disminuir los tiempos necesarios para la cosecha del litio y disminuir los volúmenes de agua evaporada. Es así como se puede ver que en Australia se trabaja en nuevos procesos, como el denominado “Sileach” llevado a cabo por la firma Lithium Australia, que evitaría el tostado del mineral, lo que se traduce en menores requerimientos de energía.

Con relación a las nuevas tecnologías para la explotación de salares, lo que se busca esencialmente es evitar el proceso de evaporación de las salmueras con el fin de acortar los tiempos de obtención del litio procesado: Investigadores del CONICET, entre ellos Ernesto Calvo, se encuentran trabajando sobre esta línea. Con el mismo espíritu, la firma francesa ERAMET, que actualmente posee la concesión para operar el salar Centenario Ratones en la provincia de Salta, desarrolló un método innovador que permitiría la obtención del litio en unos pocos días a partir del uso de un activo sólido para extraer y concentrar el mineral. Además de estos avances en materia de mejoras en las tecnologías de extracción en los salares, el Centro de Investigación y Desarrollo en Materiales Avanzados y Almacenamiento de Energía de Jujuy (CIDMEJU) busca mejorar la eficiencia y la sustentabilidad ambiental de las técnicas evaporíticas implementadas actualmente, como así también diseñar

innovadores procesos no evaporíticos.

Otro aspecto a destacar, son los estudios que se están llevando a cabo para rediseñar los modelos de negocios en cuanto a la producción de litio, aprovechando otros recursos con potencial interés económico, entre los que se encuentran el sodio, potasio, magnesio, calcio, estroncio, bario, rubidio y cesio. Es así como Chile comercializa productos tales como el cloruro y sulfato de potasio, el ácido bórico y el cloruro de magnésico.

A partir de lo detallado, se entiende que el potencial con el que cuenta el país aguas arriba es amplio y podría convertir esta industria extractiva en una plataforma de desarrollo, a partir de la creación de diversos eslabonamientos que favorezcan los procesos de creación y difusión de conocimiento a través de la estructura productiva. En este sentido, se suman los esfuerzos tanto del ámbito público como del privado en la búsqueda de continuas mejoras en los sistemas de producción con el fin de obtener una mayor eficiencia en el proceso y menores tiempos para obtener el producto final. No obstante, el país aún tiene grandes desafíos en las etapas de exploración y prospección. Es así como se puede detallar un enorme abanico de actividades a desarrollar, entre las que se encuentran los servicios de consultoría hidrogeológica y geológica, ambiental, económica y social. Se destaca también la necesidad de diversos servicios de ingeniería, otros relacionados a tecnologías de la comunicación e información dirigidos a la automatización de la planta, ejercicios de simulación o comunicaciones remotas.

Además, existen actividades relacionadas con la construcción, modificación y expansión de las pozas, las tareas de perforación y construcción de plantas de tratamiento de salmueras y producción de carbonato de litio. Se debe tener en cuenta que las explotaciones del recurso se dan en regiones aisladas y que por tanto se requiere la construcción de campamentos y una gran cantidad de servicios para los trabajadores de la operación. Asimismo, durante la fase operativa se demandan productos y reactivos para la remoción de sales que son utilizados en las distintas etapas del proceso productivo, entre ellos la cal, carbonato de sodio e hidróxido de sodio. La radicación de productores de estos compuestos resulta de gran importancia cuando se toma en consideración que la compra de estos insumos explica aproximadamente un 45-70% del OPEX de las plantas. (Actualmente son, en su mayoría, importados o traídos de otras provincias, lo que elevan los costos operativos del proyecto). Las perspectivas a futuro de una mayor cantidad de salares en explotación en la región de la Puna, en las provincias de Jujuy, Salta y Catamarca, representa una oportunidad para favorecer la localización de productores de este tipo de insumo en las cercanías. Ejemplo de esto es la reconversión del plan de negocios de Los Tilianes (empresa productora de cales en Jujuy), para la elaboración de una cal que cumpla con los requerimientos específicos que tiene el proceso productivo del litio.

Además del potencial detallado en materia de eslabonamientos vinculados a la necesidad de insumos para la producción, el restante porcentaje del OPEX corresponde a distintos servicios (transporte y logística, mantenimiento de la planta e infraestructura, alimentación, lavandería, etc.), que, si bien en su mayoría son de baja complejidad tecnológica, pueden traducirse en efectos positivos en el entorno local. Las zonas donde se instalan estos proyectos litíferos generalmente se caracterizan por estar aisladas geográficamente hablando, y por una estructura productiva poco sofisticada, lo que se traduce en limitaciones para generar empleo. En este sentido, toma vital importancia la aplicación de políticas públicas que se concentren en la creación de capacidad básica de gestión y mejoras en la productividad de los proveedores locales, con foco en las comunidades del área primaria de influencia (API).

II. Panorama mundial

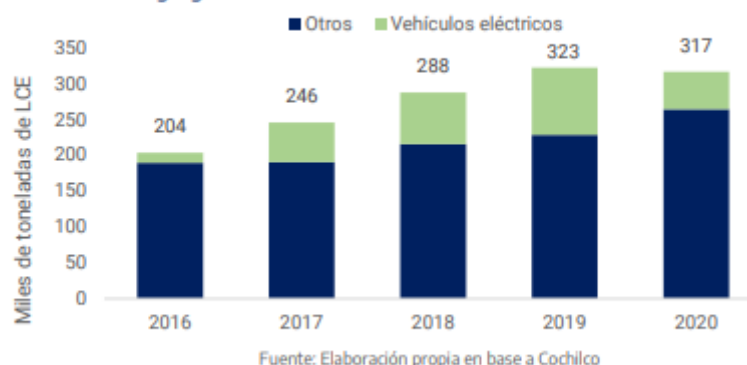
II.1. Demanda

Tal como se aprecia en el Gráfico 2, en los últimos años se ha observado un aumento importante en la demanda de litio. Este hito se reflejó en el incremento del precio internacional como consecuencia de las tensiones entre una escasa oferta y una creciente demanda de baterías, debido a su capacidad cada vez más eficiente de almacenaje de energía. El 2020 fue un año donde la demanda agregada del litio disminuyó, debido a que este mineral está fuertemente ligado a la demanda industrial, que se vio afectada por el contexto de pandemia.

La demanda del litio puede ser escindida en dos categorías generales: usos tradicionales y baterías recargables, principalmente destinadas a los vehículos eléctricos.

Dentro de la categoría usos tradicionales se encuentran vidrios y cerámicas, donde el litio otorga determinados beneficios, como mayor adhesión y dureza. Otro uso clásico es el de aplicación a grasas y lubricantes para lograr una mayor manipulación de los materiales en contextos térmicos adversos. También, se aplica en diversas fases de la cadena de valor de las industrias plásticas, producción de medicamentos y cuidado de la salud, secado industrial y placas de blindaje, entre otros.

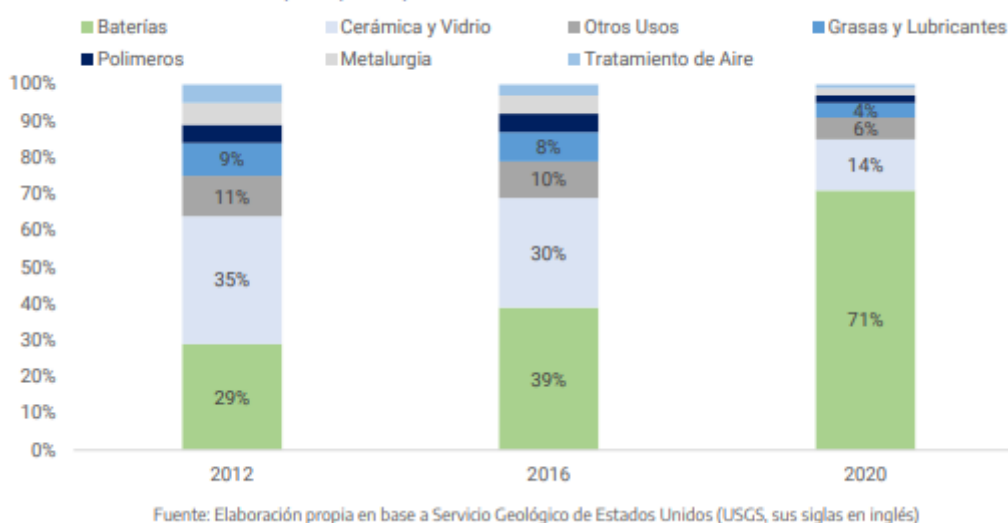
Gráfico 2: Demanda agregada del litio



Los usos relacionados con las baterías están en estrecha relación con los dispositivos electrónicos, por ejemplo, las baterías de dispositivos móviles (smartphones), los controladores de consolas de juego o dispositivos médicos u otros relacionados con la industria de la salud, y las destinadas a la electromovilidad. Un rasgo importante a tener en cuenta es que el 95% del litio que se utiliza en las baterías es reutilizable, lo que esgrime a futuro, una posibilidad de sustituibilidad frente a un fuerte aumento de precios.

En el Gráfico 3 se detallan los principales usos del litio por tipo de producto, y se puede apreciar que, a partir de la finalización de la primera mitad de la década de 2010, las baterías comienzan a tener un lugar preponderante entre los usos.

Gráfico 3: Usos del litio por tipo de producto

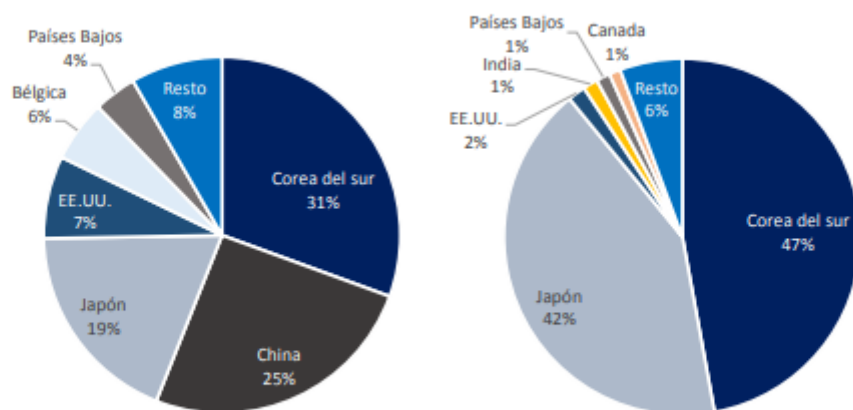


El segundo uso más importante después de las baterías es en cerámicas y vidrios, incluso hasta los primeros años de la década pasada, la demanda para la utilización en el proceso de producción de este tipo de bienes fue más importante que la tracción por parte de las baterías. El auge de la demanda de autos eléctricos como alternativa más amigable con el medio ambiente y la masificación de smartphones condujeron a que el motor principal de la demanda de litio, en la actualidad, sea para la producción de la batería.

Al analizar los tipos de productos, se puede observar que el mercado está dividido en dos grandes categorías, por un lado, los carbonatos de litio y por el otro los hidróxidos. Es así como la demanda de este mineral se divide, aproximadamente, en un 70% carbonatos, 25% hidróxidos y el restante 5%, otros tipos de litio. Cabe destacar que dentro de cada uno de estos dos productos existen subproductos debido al grado de pureza alcanzado. Es así como se puede encontrar el grado técnico (pureza menor a 99,5%) o batería (pureza mayor igual a 99,5), por lo que puede decir que la demanda de carbonatos se compone de 23%-77% y los hidróxidos, 35%-65%, respectivamente.

Ahora bien, si se analiza la demanda por países, se pueden observar distintas composiciones entre los que importan carbonato de litio y los que insumen óxido/hidróxido de litio. Entre las principales naciones que compran el primer tipo, se encuentran Corea del Sur, China, Japón, Estados Unidos, Bélgica y Países Bajos, en tanto que para el segundo los principales países son Corea del Sur, Japón y, en menor medida, Estados Unidos, India, Países Bajos y Canadá.

Gráfico 4: Composición de las importaciones del 2020 de carbonatos de litio versus las de óxido/hidróxido de litio



Fuente: Elaboración propia en base a COMTRADE

Como se puede observar, China, que históricamente se ubicó como el principal consumidor de carbonato de litio específicamente para la producción de baterías, fue desplazado por Corea del Sur. Esto puede deberse a dos condiciones que tuvieron lugar en el 2020, por un lado, la caída de la demanda industrial china como consecuencia de los efectos de la pandemia y por el otro el aumento de la producción de litio en el país asiático. Estos efectos, en conjunto, pudieron haber provocado que China para el 2020 dependiera en menor medida de los mercados externos y pudiera satisfacer su demanda con el mercado interno. Cabe aclarar que en lo que va del 2021 se han visto grandes problemas en cuanto a escasez de materia prima (litio) y grandes problemas logísticos asociados a la falta de contenedor para los envíos, lo que ocasiona grandes alzas en los precios.

En lo que respecta a China, existen dos grandes empresas (Ganfeng y Tianqi lithium), que constituyen una porción

importante del mercado con el 26% del total del mercado del litio. China retiene aproximadamente el 80% del refinado de materias primas del mundo, el 77% de la capacidad de elaboración de celdas de litio y el 60% de la fabricación de componentes. Las condiciones tecnológicas de las empresas chinas les permiten producir a gran escala, reduciendo los costos de producción y comercialización. Esta característica en la oferta mundial de litio prevé un mercado estratificado; por un lado, la industrialización de la materia prima concentrada en China, Japón, Corea del Sur y por otro lado la industria extractiva, sector donde se encuentran América latina y Australia, propietarios de las reservas más importantes del mundo.

Como conclusión, las perspectivas de la demanda de litio son positivas en torno al desarrollo de la electromovilidad y la necesidad creciente de baterías para la industria electrónica. En línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible hacia 2030, donde se plantea la necesidad de alcanzar la sostenibilidad ambiental como prioridad, los gobiernos incentivan la adopción de medidas tendientes a la vinculación con el cuidado del medio ambiente y, como consecuencia, la utilización de autos eléctricos que requieren, cada vez más, baterías con mayores capacidades de almacenar energía.

Sin embargo, existen riesgos económicos que deben ser internalizados. Las crisis económicas representan una caída de demanda de litio; la gran volatilidad de precios puede ser perjudicial para la industria; el grado de sustituibilidad que posee el recurso en su uso para baterías puede desembocar en innovaciones que requieran la mínima cantidad de litio o incluso la sustitución total por baterías de potasio-ion o la implementación del hidrógeno verde como combustible renovable.

Otro punto a tener en cuenta es que el tipo de proyectos que pueden instalarse en América Latina implican grandes períodos de tiempo para comenzar la producción, en consecuencia, la oferta mundial puede escasear generando nuevos ciclos de alzas en los precios. Por otro lado, los autos convencionales con motor de combustión interna tienen precios más bajos que los eléctricos y, en muchos casos, los gobiernos subsidian el precio de este tipo de vehículos generando distorsiones en el mercado automotriz. Por último, el menor precio de petróleo funciona como un incentivo adicional a la demanda de autos de combustión interna.

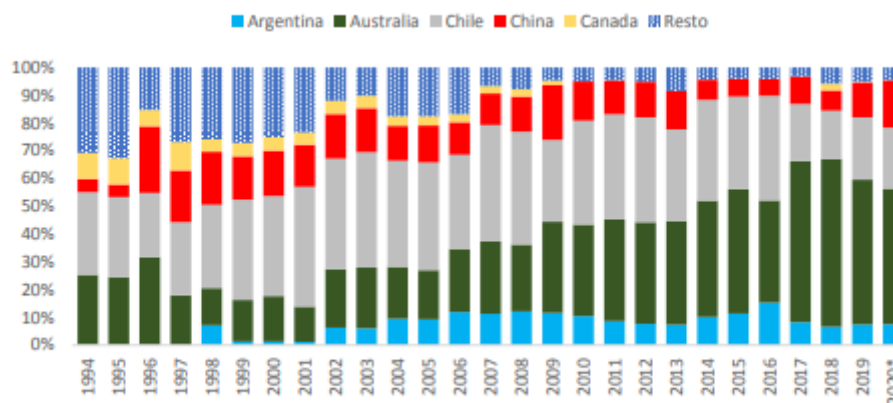
II.2. Oferta

El litio es una materia prima relativamente moderna y en rápido ascenso, como consecuencia de la creciente demanda internacional debido a la gran variedad de aplicaciones que posee. Se comercializa en múltiples formas con diferente grado de contenido, los precios de compra venta son de naturaleza spot y se toman de referencia contratos de exportación e importación de los principales comercializadores.

Ahora bien, al analizar la evolución en la producción del mineral se puede apreciar que hacia el año 1994 el principal productor de litio era Chile con el 32,8% de la producción mundial, mientras que Argentina contaba solo con el 0,1% del total. Por su parte, Australia, que se posicionaba entre los principales productores, tuvo una merma en su participación a mediados de 1990. No obstante, cobró protagonismo a mediados de la década del 2010 como el principal productor mundial debido al dinamismo relacionado con la rápida capacidad de respuesta que ha tenido la producción a partir del concentrado de espodumeno proveniente de pegmatitas.

Con esta ventaja en términos de producción, en el año 2020 Australia mantiene el puesto como el primer productor mundial de litio con el 48,8% de la producción mundial, mientras que Chile disminuyó su participación en el mercado al 22%. De esta forma, los dos principales países productores concentraron el 70,8% de la producción. En lo que respecta a la región Latinoamérica, Argentina, Bolivia y Chile conforman el triángulo del litio. Bolivia se encuentra con producción a escala piloto dado que sus políticas van orientadas a el desarrollo de un proyecto público de explotación integral de la cadena de valor. Los dos países restantes (Argentina y Chile) producen el 29,5% de la producción mundial.

Gráfico 5: Evolución en la participación del mercado por principales países productores (1994 – 2020)



Fuente: Elaboración propia en base a USGS

En lo que respecta al litio en Argentina hay antecedentes en las zonas pegmatíticas (San Luis y Córdoba) desde la década del 30, y, a partir de la década de 1980, el sector comenzó a explorar los salares, aunque sin grandes avances. No fue sino hasta la década de los noventa que se concretó el proyecto Fénix en el Salar del Hombre Muerto, operado por FMC-Minera del Altiplano, que se comenzó a producir y exportar derivados de litio en el país. Ya en el año 1991, la empresa FMC Lithium había comenzado a abastecer de carbonato de litio a Sony Electronics para la primera producción de baterías de litio-cobalto. Tal como se puede apreciar en el Gráfico 5, el pico que se observa en la producción argentina en 1998 corresponde a lo antes mencionado, pero no obstante el país se consolida en el mercado mundial a mediados de los 2000, precisamente en 2008, cuando alcanza una participación de 12,5%. Recién en el año 2015 se suma al escenario local la puesta en marcha del proyecto Olaroz, lo que se tradujo en una mayor participación en la oferta mundial por parte de Argentina. Sin embargo, este incremento en la participación se vio rápidamente reducido y se mantuvo estable en los últimos años, debido a que no se incorporaron nuevos proyectos en operación. Es así como el país pasó de ser el tercer productor mundial de litio, en el 2016, a descender una posición en la participación del mercado. En este sentido, si bien Argentina extrae el litio de salares, lo que supone períodos de tiempo más extensos en la producción, cuenta con la ventaja de poseer costos de producción menores que los registrados en explotaciones de pegmatitas como es en el caso de Australia. Esto es relevante de analizar, ya que el sector no puede responder rápidamente a eventuales aumentos en el precio del litio. Cabe destacar que en el país se produce carbonato y cloruro de litio, siendo el carbonato el más importante en los últimos años.

A pesar de los vaivenes en los cambios de la participación en la oferta mundial de litio, la producción total ha tenido un crecimiento exponencial en las últimas décadas como respuesta a las crecientes demandas de almacenaje de energía. Esta demanda de almacenaje potenció el uso de baterías y, más específicamente, el mayor interés por la utilización de vehículos eléctricos como una de las medidas implementadas con el objetivo de contrarrestar el calentamiento global.

Tabla 1: Evolución producción mundial de litio (LCE)

| País | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020* | Variación 2020/19 | Participación en 2020 |
|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|-----------------------|
| Australia | 75.054 | 74.522 | 212.920 | 312.992 | 239.535 | 212.920 | -11,1% | 48,7% |
| Chile | 55.892 | 76.119 | 75.587 | 90.491 | 102.734 | 95.814 | -6,7% | 21,9% |
| China | 10.646 | 12.243 | 36.196 | 37.793 | 57.488 | 74.522 | 29,6% | 17,0% |
| Argentina | 19.163 | 30.873 | 30.341 | 34.067 | 34.067 | 33.003 | -3,1% | 7,5% |
| Brasil | 1.065 | 1.065 | 1.065 | 1.597 | 12.775 | 10.114 | -20,8% | 2,3% |
| Zimbabue | 4.791 | 5.323 | 4.258 | 8.517 | 6.388 | 6.388 | 0,0% | 1,5% |
| Portugal | 1.065 | 2.129 | 4.258 | 4.258 | 4.791 | 4.791 | 0,0% | 1,1% |
| Total | 167.675 | 202.274 | 367.287 | 505.685 | 458.843 | 437.551 | -4,6% | - |

Fuente: Elaboración propia en base a USGS

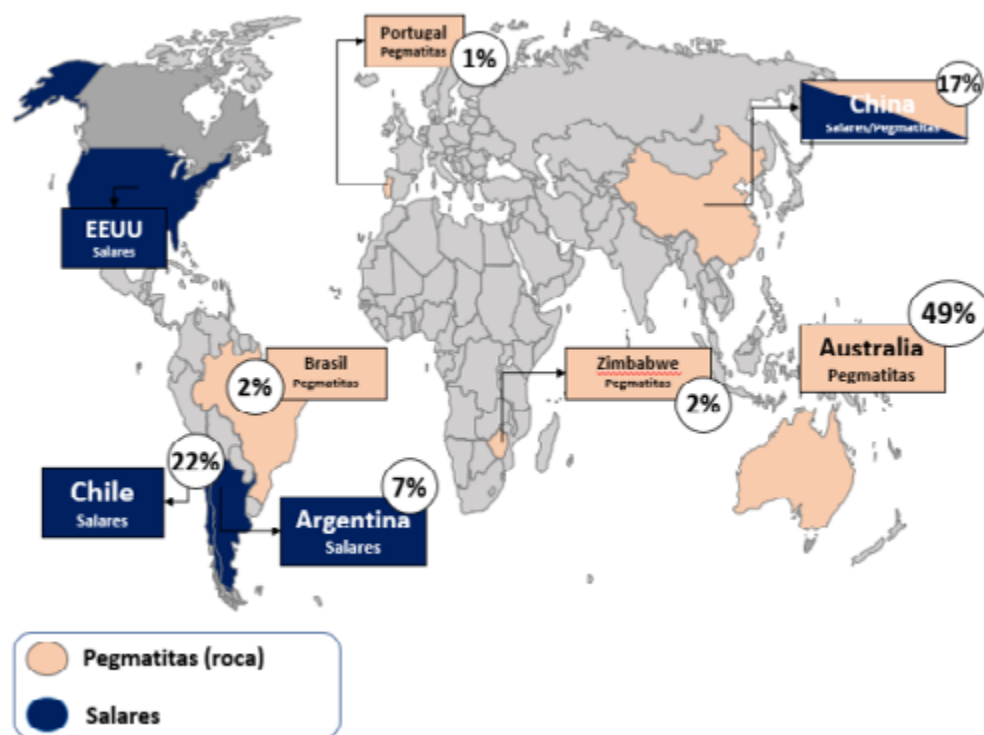
En lo que respecta a la producción mundial de litio, ésta fue en 2020 de 436.486 toneladas LCE (carbonato de litio equivalente), mientras que en 2019 alcanzó las 457.778 tn., marcando una disminución porcentual de 4,7%. Al observar la información referida a la evolución de la oferta en los últimos cinco años, se deduce que hubo un incremento acelerado en la producción mundial (161%) como respuesta a la creciente demanda internacional del mineral.

En este sentido, Australia en seis años más que duplicó su producción, pasando de 75.054 a 212.920 toneladas LCE. Tal como se mencionó anteriormente, dicho país obtiene el litio de espodumeno proveniente de pegmatitas, lo que le permite absorber los aumentos en la demanda rápidamente dado que el proceso productivo, aunque más costoso, es más rápido que el que se puede realizar en una geografía donde predominan salares. Por su parte Chile, el segundo productor más importante, aumentó su oferta en 71,4% en el sexenio analizado, pasando de 55.892 a 95.814 toneladas LCE. Este país produce carbonato de litio, hidróxido y cloruro, con una participación sobre la producción total del 90,4%, 6,5% y 3,1% respectivamente. China produce carbonato y fue el país con el mayor aumento de la producción (600%) en el período considerado. Por otro lado, Argentina, que incrementó su producción en 72,2% en los seis años analizados produce principalmente carbonato de litio, con una participación del 85% aproximadamente, mientras que el cloruro ocupa un rol minoritario representando el 15% de la producción local.

El año 2020 fue atípico para el mundo, el shock exógeno negativo que representó la pandemia del COVID-19 para la economía mundial tuvo su impacto en la producción de litio. De esta forma, la producción de Australia tuvo una disminución del 11,1%, la de Chile de 6,7% y la de Argentina del 3,1%, mientras que China incrementó su producción de litio en 29,6% dada la rápida y acelerada recuperación de su economía. En este contexto, la merma en la producción mundial de litio se estimó en 4,7%.

El Gráfico 6 se elaboró tomando en cuenta la producción 2020 por países, sus principales explotaciones y empresas que se encuentran operando las mismas. Este gráfico da cuenta también del tipo de yacimiento que se encuentra en explotación en cada país, es decir, si la fuente del litio es de origen pegmatítico o de salar.

Gráfico 6: Producción mundial por países con sus explotaciones



Fuente: Elaboración propia en base a USGS

II.3. Evolución de precios

El mercado del litio ha ido variando año a año y, tal como se muestra en el Gráfico 7, se podrían distinguir cinco períodos, donde el precio tuvo un comportamiento característico relacionado con la situación del mercado en ese momento.

Inicialmente se podría hablar de un mercado de nicho, con un precio menor a los US\$ 2.000 la tonelada de LCE. Precisamente, como su nombre lo indica, en este período las baterías de ion – litio representaban menos del 10% de la demanda de litio. Posteriormente, el conocido boom de los commodities o superciclo de los precios de las materias primas también se reflejó en el precio del litio y sus derivados. Este hito en el mercado incentivó la expansión de la oferta mundial, dando lugar a que la producción global del mineral aumentara más que proporcionalmente. Esto generó que a partir del 2010 el mercado se caracterizara por una sobreoferta de litio con una consecuente estabilización de los precios, cercanos a los US\$ 4.200 la tonelada.

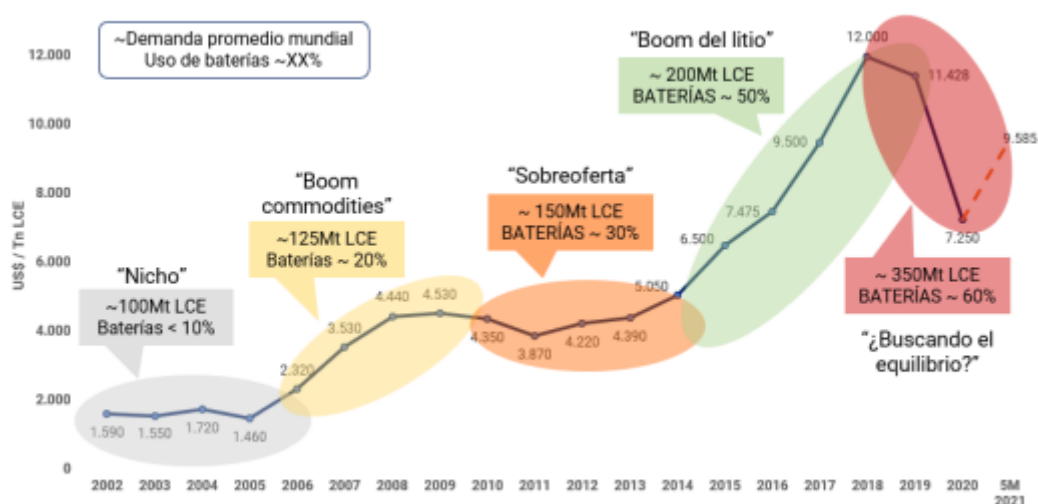
En los años siguientes, el precio del carbonato de litio grado batería tuvo un crecimiento muy marcado, alcanzando en el año 2018 un techo de US\$ 12.000 la tonelada LCE. Esto tuvo lugar, por un lado debido a la creciente demanda de dispositivos electrónicos y su mayor complejidad, lo que se tradujo en una mayor necesidad de incorporar baterías de mayor duración; y por otro lado, al auge en el interés por autos híbridos y eléctricos que necesitan abastecerse intensamente de baterías con contenido de litio. Es así como la demanda de litio para baterías que explicaba aproximadamente el 30% de la demanda total, aumentó hasta representar el 50% de la demanda global del mineral. En este punto, las perspectivas de crecimiento de las ventas de autos eléctricos jugaron un rol fundamental para los aumentos registrados en los precios. Tal como era de esperar, el “boom de litio” incentivó la puesta en operación de varios proyectos importantes, especialmente en Australia, donde algunos se reactivaron y se implementaron planes de expansión, lo que llevó a la obtención de grandes volúmenes de producción.

Teniendo en cuenta los tiempos de evaporación de las piletas de concentración, que requieren al menos dos años de plazo hasta alcanzar la capacidad plena, la respuesta a las señales de precios se genera con grandes rezagos. Las características intrínsecas de la producción provocan tensiones continuas en el precio.

Durante el año 2020, la pandemia del COVID-19 tuvo un fuerte impacto en los precios del litio y sus derivados ya que, al ser un mineral industrial, se vio afectado por las menores expectativas de crecimiento de la demanda de dispositivos electrónicos, automóviles híbridos y eléctricos, vidrios y cerámicas entre otros.

En los primeros cinco meses del 2021, el precio del litio parecería estar buscando un nuevo equilibrio en un mercado donde la demanda del mineral, por parte de las baterías, se encuentra cercana al 60% del total y las perspectivas para el sector de vehículos eléctricos son alentadoras.

Gráfico 7: Evolución del precio anual del carbonato de litio (US\$ por tonelada LCE)



Fuente: Elaboración propia en base a Fastmarkets, LME y SNL

II.4. Perspectivas del mercado

Con el fin de poder analizar la evolución futura del mercado del litio, primero se debe comprender que el mundo ha llegado a la conclusión que la transformación climática es un problema de toda la humanidad. Ya en el año 1994, con el fin de reforzar a escala mundial la conciencia pública de los problemas ocasionados por este tema, entró en vigencia la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Aquí se indicó que la mayor parte de las emisiones de gases de efecto invernadero del mundo han tenido su origen en los países desarrollados, y que, siendo que las emisiones per cápita de los países en crecimiento aún son relativamente reducidas, la proporción total de sus emisiones debería aumentar para permitirles satisfacer las necesidades sociales y de crecimiento. Reconociendo esto, se entiende que los países en desarrollo requerirían tener acceso a los recursos necesarios para lograr un avance económico y social sostenible, aumentando su consumo de energía, pero al mismo tiempo teniendo en cuenta la posibilidad de lograr una mayor eficiencia energética y controlar las emisiones de gases de efecto invernadero en general, mediante la aplicación de nuevas tecnologías que sean económicas y socialmente beneficiosas.

Unos años después, en 1997, en Kioto se adicionó un acuerdo al tratado anterior donde los países industrializados se comprometieron a implementar un conjunto de medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Este tratado llamado "Protocolo de Kioto", implica una reducción de estas emisiones, a ser alcanzada por los gobiernos signatarios entre 2008 y 2012, de al menos un 5 % en promedio, tomando como referencia los niveles de 1990.

Con el fin de reforzar la respuesta mundial, en diciembre de 2015 se estableció el primer acuerdo global legalmente vinculante con relación al cambio climático. El mismo, denominado "Acuerdo de París", fijó como objetivo a largo plazo el de mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C sobre los niveles preindustriales y limitar el aumento a 1,5 °C, lo que reduciría considerablemente los riesgos y el impacto del cambio climático.

La República Argentina ratificó, mediante la Ley 27.270 y su promulgación en septiembre de 2016, los compromisos asumidos ante la comunidad internacional con la firma del Acuerdo de París. El país ha llevado adelante un proceso de revisión de las Contribuciones, que ha sido coordinado interministerialmente a través del Gabinete Nacional de Cambio Climático (GNCC), con una estrategia participativa de los distintos sectores de la comunidad en el ámbito del Gabinete ampliado e interjurisdiccional, a través del Consejo Federal de Medio Ambiente (COFEMA). El Objetivo de Desarrollo Sostenible 13: Acción por el Clima busca adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.

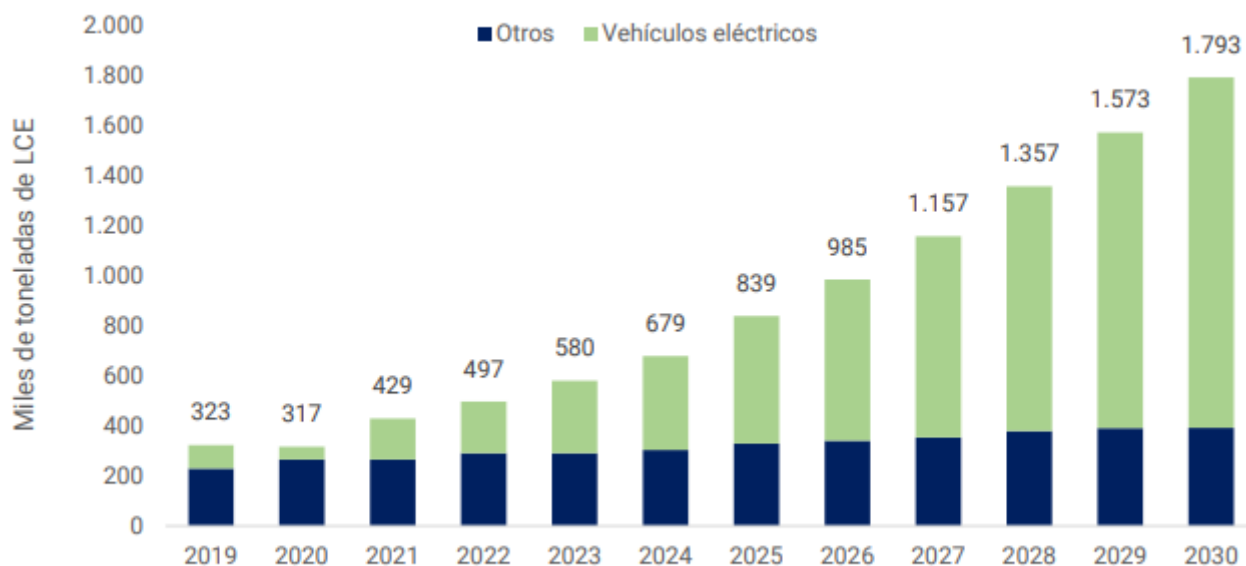
En el mundo, por el año 2018, los niveles de gases de efecto invernadero que retienen el calor en la atmósfera alcanzaron un máximo histórico, 407,8 partes por millón, niveles que deberán reducirse en el corto / mediano plazo. Para lograrlo, un elemento clave es impulsar las fuentes de energía renovables, lo que reduciría drásticamente las emisiones de carbono.

Otro punto estratégico es incentivar un cambio total en el transporte eléctrico, con la ventaja adicional de reducir sustancialmente la contaminación del aire en las principales ciudades del mundo. Los vehículos eléctricos se están volviendo rápidamente más baratos y eficientes, y muchos países han propuesto planes para eliminar gradualmente la venta de automóviles propulsados por combustibles fósiles.

A partir de lo expuesto es que se estima que, hacia el año 2030, el motor de crecimiento de la demanda de litio sean las baterías ion - litio, principalmente asociadas al aumento en el uso de vehículos eléctricos y a las políticas para la transición a energías verdes o renovables que lleve a cabo cada país. Estas fuentes alternativas cuentan con la gran desventaja de no ser constantes en el tiempo, por lo cual requieren de sistemas de almacenado de la energía para hacer frente a los momentos pico de demanda. Tal como se muestra en el Gráfico 8, se estima que la demanda agregada de litio alcance para el año 2030 los 1,793 millones de toneladas de LCE, de las cuales aproximadamente el 78%, será para abastecer a los vehículos eléctricos.

El crecimiento exponencial registrado en las perspectivas a futuro para el mercado del litio, vinculado a una mayor demanda de vehículos eléctricos, está explicado por las cantidades del mineral requerido para la fabricación de las baterías para cada tipo de transporte.

Gráfico 8: Perspectiva de evolución de la demanda de litio al 2030

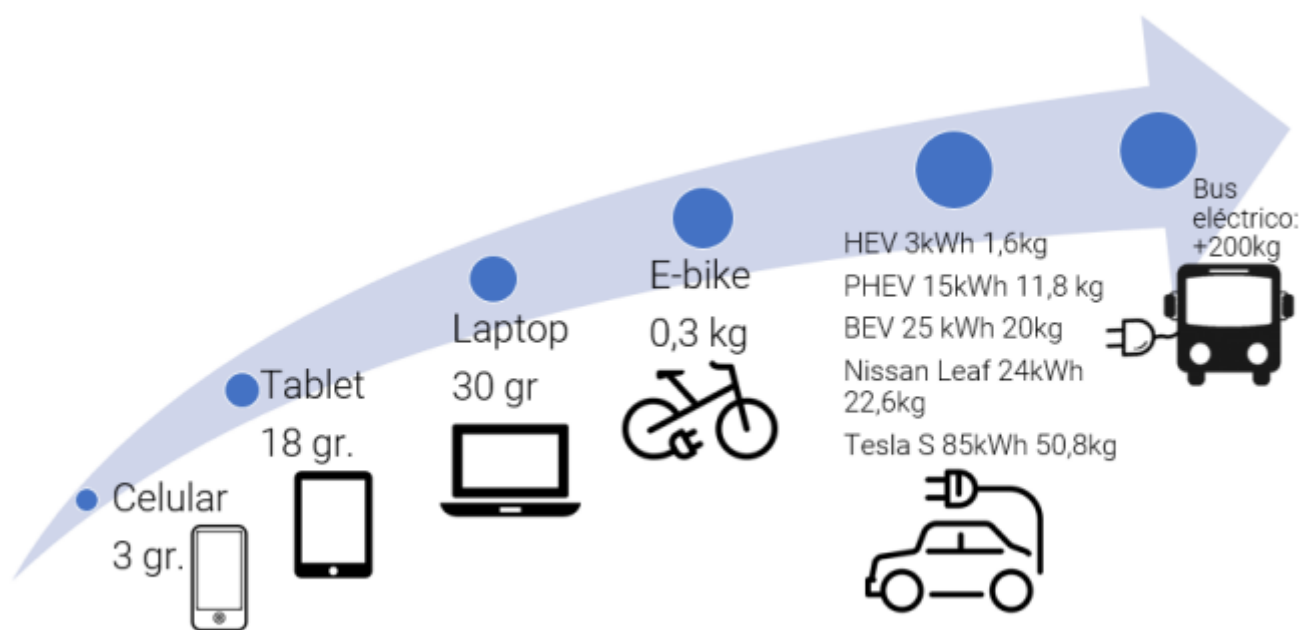


Fuente: Elaboración propia en base a Cochilco

En este sentido y, tal como se puede apreciar en el Gráfico 9, los buses eléctricos son uno de los medios de transporte que más litio demandarían, aproximadamente unos 200 kilos por cada vehículo. En cuanto a los sistemas de almacenamiento de energía, los mismos pueden llegar a demandar entre 20 y 90 toneladas de litio, dependiendo de las capacidades de almacenaje.

No obstante, cabe mencionar que el sector de baterías ha tomado en los últimos años un gran dinamismo, lo que implica una mejora continua en la elaboración de este insumo crítico para los vehículos eléctricos. En este sentido, se han ido desarrollando distintos tipos de baterías ion – litio, donde se fue variando la composición química, principalmente en el cátodo. Entre los distintos tipos de cátodos implementados se encuentran los de óxido de cobalto de litio (LCO), los de litio – ferrofosfato (LFP), los de litio - níquel - manganeso - óxido de cobalto (NMC), los de litio - manganeso - espinela (LMO) y los de litio - níquel - cobalto - aluminio (NCA). Todos éstos cuentan con distintas ventajas y desventajas en lo que refiere a seguridad y energía específica. Además, existen dos tecnologías de baterías que aún se encuentran en desarrollo, que son las de litio – azufre y litio – aire.

Gráfico 9: Perspectiva de evolución de la demanda de litio al 2030



Fuente: Elaboración propia en base a Cochilco,

Al igual que se han estudiado posibles mejoras en los cátodos de la batería, también se han dedicado esfuerzos en perfeccionar el ánodo y el electrolito, según se puede observar el Gráfico 10.

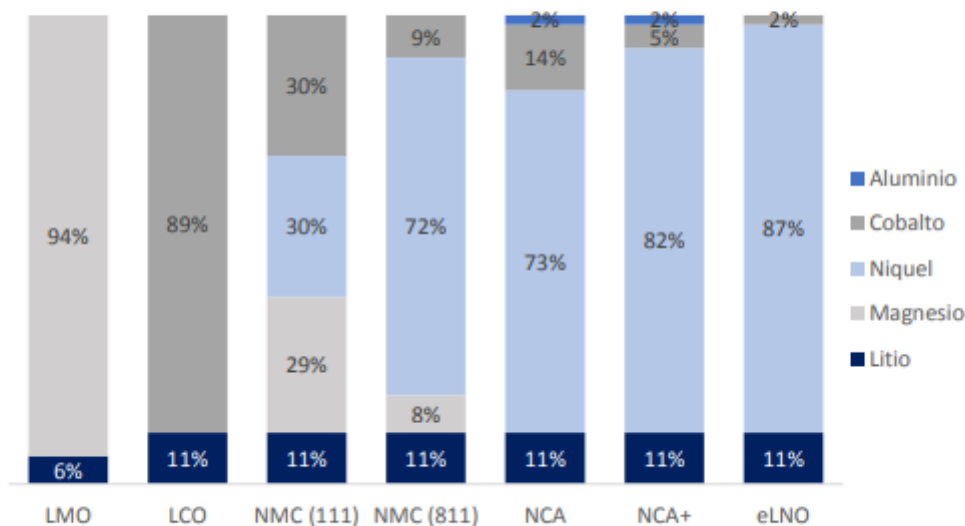
Gráfico 10: Diagrama de la evolución tecnológica en lo referido a baterías de ion – litio



Fuente: Elaboración propia en base a Cochilco, HSBC, CRU y otras fuentes de mercado

Estas variaciones que se han detallado implican cambios significativos en la participación en volumen de los distintos elementos químicos que componen la batería. La principal diferencia que se puede observar es si la tecnología tiene como insumo principal al cobalto o al níquel.

Gráfico 11: Diagrama de la evolución tecnológica en lo referido a baterías de ion – litio, participación en volumen

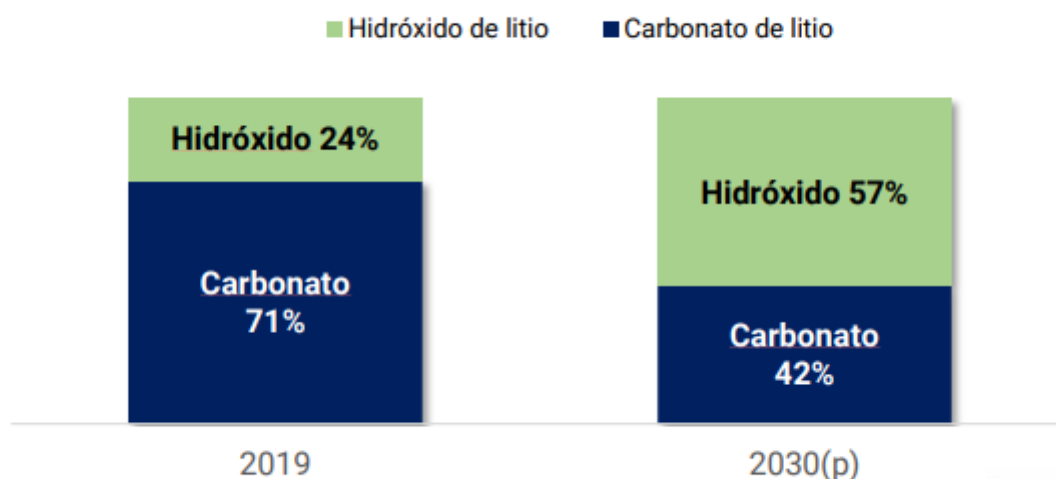


Fuente: Elaboración propia en base a Bloomberg

La evolución del mercado que se ha ido exponiendo a lo largo de esta sección, provocará una variación en el tipo de producto demandado de litio, es decir, la demanda de hidróxido de litio superará a la de carbonatos. Esto se debe a que

la preferencia por tecnologías NCM, las que poseen una mayor densidad energética, determina el incremento futuro en el consumo de hidróxido de litio. Esto favorece, en cierta medida, a los proyectos de litio con origen pegmatíticos ya que logran producir este producto sin necesidad de elaborar previamente el carbonato. Sin embargo, los salares continuarán con menores costos operativos y, por lo tanto, serán más competitivos a largo plazo.

Gráfico 12: Composición del mercado por tipo de producto

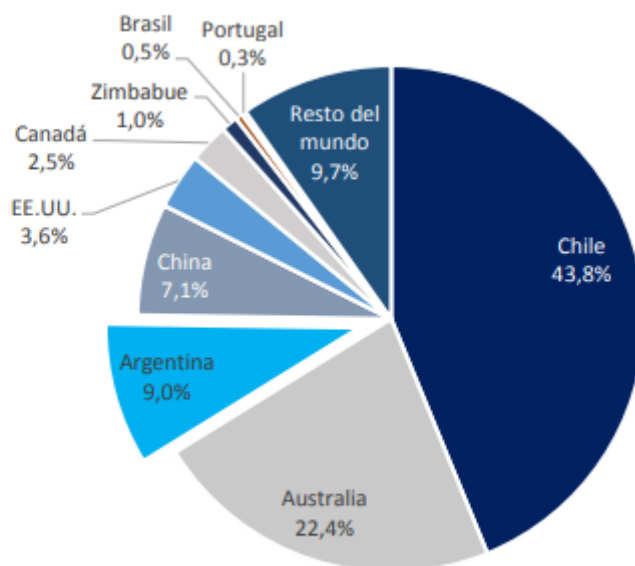


Fuente: Elaboración propia en base a Cochilco y estimaciones de Benchmark Mineral Intelligence (BMI)

II.5. Recursos y Reservas

Las reservas a nivel mundial se ubicaron en 111,78 millones de toneladas LCE. Cuando se habla de reservas, se hace referencia a una porción de los recursos de litio existentes, que se conocen con un alto grado de certidumbre y a los que luego de aplicarles los factores modificadores, al momento de la evaluación resulta económicamente viable su explotación. Teniendo esto en cuenta se puede apreciar cómo, al año 2020, las principales reservas de litio del mundo se encuentran en Chile, quien explica el 43,8% de las mismas; le sigue Australia con el 22,4% y, en tercer lugar, Argentina, explicando el 9% de las reservas a nivel mundial. Estos valores están fuertemente vinculados a la cantidad y calidad de los estudios realizados en la zona, que se traducen en grados de certidumbre sobre la explotación de los mismos.

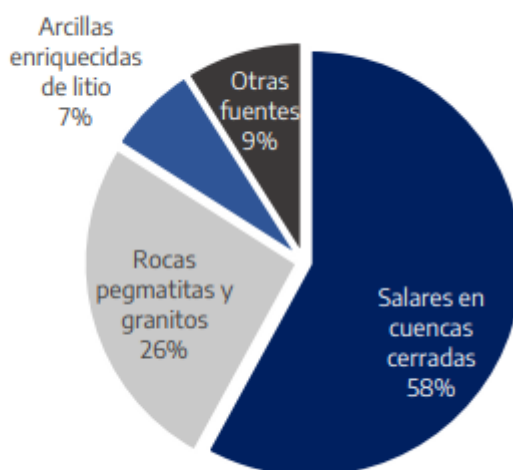
Gráfico 13: Composición de las reservas a nivel mundial



Fuente: Elaboración propia en base a USGS

En la misma línea, si se analizan las reservas por el tipo de fuente que les da origen, se puede apreciar como el 58% de las mismas se encuentran en salares, 26% en rocas pegmatíticas o granitos, 7% en arcillas y el 5% restante pertenece a otras fuentes como las zeolitas, salmueras geotermales e hidrocarburiíferas.

Gráfico 14: Distribución de los recursos de litio por tipo de fuente

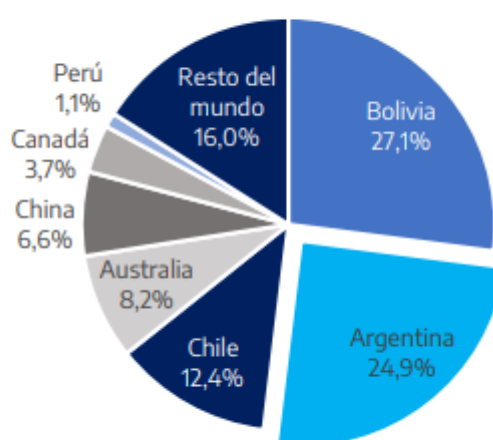


Fuente: Elaboración propia en base a USGS

Al analizar los recursos de litio en el mundo, se puede encontrar que el “triángulo del litio”, formado por Bolivia, Chile y Argentina, posee cerca del 65% de los recursos del mineral. A pesar de esto, si se toma la relación recursos / producción, se

puede ver que Bolivia se encuentra en etapas piloto de producción, por lo cual sus cantidades son marginales, Chile muestra una relación del 0,19%, Argentina del 0,03% y Australia, que posee tan sólo un 8,2% de los recursos totales a nivel mundial, tiene una relación del 0,63%, es decir, es el país que está aprovechando en mayor medida las fuentes de litio que tiene a su disposición. Cabe mencionar que, a partir de estudios de exploración, estos números pueden seguir aumentando. Al año 2020, la totalidad de los recursos a nivel global alcanzó la suma de 413,1 millones de toneladas de LCE.

Gráfico 15: Composición de los recursos a nivel mundial



Fuente: Elaboración propia en base a USGS

III. Triángulo del litio

III.1. Casos Bolivia y Chile

En la región se encuentra el renombrado triángulo del litio compuesto por Argentina, Bolivia y Chile. En los tres países mencionados se hallan grandes reservas del mineral proveniente de salmueras.

Tal como se adelantó en la sección anterior, esta área geográfica cuenta con un gran potencial en cuanto a la cantidad de recursos disponibles para su explotación.

Las mismas se destacan por encontrarse en altitudes cercanas a los 4.000 metros sobre el nivel del mar, climas áridos y circundadas por una serie de elevaciones que permiten la formación de estas cuencas evaporíticas. No obstante, a pesar de compartir ciertas similitudes en materia geológica y geomorfológica, cada uno de estos países ha tomado distintas posturas respecto a la extracción del litio.

Por un lado, se encuentra el caso boliviano, donde se ha diferenciado a la industria del litio en dos partes, la extractiva y la de transformación. Mientras la primera abarca desde el estudio del salar hasta la extracción de las sales para un primer procesamiento hasta carbonato de litio, la segunda abarca el uso del producto resultante de la etapa previa como insumo para la elaboración de material catódico y baterías de ion – litio. Ante esta diferenciación y por medio de un marco normativo se estableció que sólo el Estado boliviano, a través de Yacimientos de Litio Boliviano (YLB), puede participar de la extracción

del litio, por ser éste un recurso considerado estratégico para el país. En este sentido, los salares han sido declarados como reservas fiscales y ninguna empresa privada puede explotarlos. Sin embargo, en el tramo de transformación se permite que YLB tenga un socio estratégico para llevar la producción a etapa industrial. Este plan tuvo sus comienzos en el año 2008, iniciando con el estudio geológico del salar y el armado, entre 2013 y 2017, de cuatro plantas pilotos entre que incluyen una planta para cloruro de potasio (KCl), otra de carbonatos de litio (Li_2CO_3), una para la elaboración de baterías “pouch” y una adicional para el preparado de materiales catódicos.

A finales del 2018 inició sus operaciones la planta de cloruro de potasio (capacidad 350 mil t/a) con el objetivo de vender este producto como fertilizante y abastecer al mercado brasilero. A principios del 2019, se inició la construcción de la planta industrial de carbonato de litio (capacidad 15 mil t/a), sin embargo, al año siguiente por cuestiones políticas y sanitarias este proyecto se detuvo.

Tal como se adelantó, la empresa YLB tiene la posibilidad de buscar un socio para la etapa de transformación del litio y es así como se alió con una empresa alemana (ACI SYSTEMS – socio minoritario 49%). Esta primera alianza tuvo como objetivo la producción de hidróxido de litio (30 mil t/a) e hidróxido de magnesio (50 mil t/a) a partir de la salmuera extraída por la empresa boliviana en el salar de Uyuni. Además, preveía una segunda alianza, con el fin de instalar una planta para la elaboración de materiales catódicos (8.000 t/a) y baterías de ion – litio (10Gwh). Algo muy importante a destacar de este acuerdo es que la firma alemana garantiza un mercado para el producto elaborado en Bolivia.

Una alianza similar se formó con una empresa china, TBEA, para el litio extraído de los salares de Coipasa y Pastos Grandes. Pese a tener este plan estratégico elaborado, las cuestiones políticas que tuvieron lugar en Bolivia en el año 2019 y el contexto de pandemia del 2020 han dejado incierto el futuro de estas medidas y su implementación.

En lo que respecta a Chile, su historia con el litio se remonta al año 1969, cuando el Ministerio de Minería de Chile dispuso que el Instituto de Investigaciones Geológicas, hoy conocido como Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), designara un equipo de geólogos para que informen sobre el potencial económico del Salar de Atacama. A partir de esto es que se conoce la composición química del salar y se inicia una serie de estudios complementarios que, casi once años después, dan lugar a un acuerdo entre CORFO y FOOTE Minerals para la explotación del salar, creando la Sociedad Chilena de Litio (CORFO 45% - FOOTE 55%). Es así como entre 1981 y 1984 se da lugar a la construcción y puesta en marcha de la planta. En este lapso, precisamente en 1976, se declara al litio como sustancia de interés nuclear y, tres años después, como valor estratégico. Esta condición le otorga la posibilidad al Estado chileno de generar contratos con empresas extractivas, y exigir que se garantice que parte del proceso de agregado de valor de la materia prima se realice en territorio nacional. Actualmente, la explotación, elaboración y exportación de carbonato de litio en el país está a cargo de las empresas Albermale y SQM. Hasta el momento solo el salar de Atacama ha sustentado la producción de litio y de potasio, pero cabe destacar que los salares de Maricunga y Pedernales poseen recursos de interés en lo que respecta a concentración y volumen. Sin embargo, Chile también cuenta con cuencas andinas de las que aún se desconoce el verdadero potencial de litio que poseen. El SERNAGEOMIN ha realizado una serie de estudios para poder asignarles grados de potencialidad. Tanto el origen del litio en el país, como este desconocimiento sobre la composición de los salares andinos chilenos, demuestran la importancia de las etapas iniciales de exploración y perforación, que no sólo permiten conocer con certeza los recursos con los que se cuentan, sino que también generan empleo e implican inversiones en la región. Con las medidas implementadas, con sus ventajas y desventajas, Chile se ha posicionado como el segundo productor mundial de litio y entre los años 2010 y 2019 ha exportado 4.924 millones de dólares, explicados principalmente por las ventas de carbonatos, seguido por hidróxidos y, casi marginalmente, cloruros de litio. En cuanto al futuro de la producción, los dos proyectos en operación han anunciado ampliaciones. Por un lado, SQM se encuentra desarrollando su actividad en el Salar del Carmen y ampliando su planta de carbonato a 180 mil toneladas por año, lo que se traduce en una inversión estimada de 450 millones de dólares para la planta y 180 millones para ampliar la actividad en la zona. Por otro lado, Albemarle está llevando a cabo la ejecución de la fase 3 de la ampliación de su planta de carbonato, elevando su capacidad anual en 88 mil toneladas, aunque se han informado demoras y suspensiones en su ejecución. No obstante, de llevarse a cabo, implicaría una inversión aproximada de 300 millones de dólares.

Por otro lado, existen dos proyectos en el Salar de Maricunga; uno de ellos el Proyecto Blanco, próximo a iniciar su construcción con una capacidad anual de 20 mil toneladas de carbonato. El otro proyecto, Sales de Maricunga, en estado de

factibilidad completa, con una capacidad de 5,7 mil toneladas de carbonato y 9,1 mil toneladas de hidróxido por año. Las inversiones para ambos proyectos en conjunto ascienden a 913 millones de dólares.

III.2. El caso de Argentina

La República Argentina cuenta con larga tradición en el sector minero. Así fue como sucesivas leyes tendientes a regular el sector tuvieron lugar a lo largo de la historia. El litio como recurso natural comenzó a explotarse en la década de 1980, pero se aceleró la intensificación en la primera y segunda década del 2000. A continuación, se menciona brevemente el marco jurídico que subyace al recurso y a la industria, para luego hacer un recorrido por la historia de su explotación.

El marco normativo del litio comienza en el Artículo 124 de la Constitución Nacional, que establece que “... Corresponde a las provincias el dominio originario de los recursos naturales existentes en su territorio”. Por ello los recursos naturales poseen carácter público y pertenecen a la soberanía del Estado, de acuerdo al lugar donde se encuentren ubicados. Por ende, son las Provincias las que cuentan con la capacidad para regular su uso y su disposición en beneficio de la sociedad, contando con la potestad para otorgar concesiones sobre las pertenencias mineras de sus territorios.

En un segundo nivel de jerarquía se encuentra el Código de Minería (Ley 24.585) que regula los derechos, obligaciones y procedimientos referentes a la adquisición, explotación y aprovechamiento de las sustancias minerales, aludiendo a las minas como una institución jurídica de individualidad propia. Asimismo, el Código de Minería clasifica las minas conforme las sustancias minerales que contienen, y en el caso de los minerales metálicos, solo podrán explotarse en virtud de concesión legal.

En lo concerniente a la cuestión minero ambiental, en base a lo preceptuado por la ley 24.585, incorporó en la Sección Segunda del Título XIII al Código de Minería para regular la protección ambiental para la actividad.

A la actividad minera le son aplicables las mismas disposiciones del Régimen Tributario General, con las modificaciones que establece la Ley de Inversiones Mineras (Ley 24.196), que otorga determinados beneficios tributarios para su promoción y cuya Autoridad de Aplicación es la Secretaría de Minería de la Nación. Dicha ley se complementa con su decreto reglamentario N° 2686/93 y la normativa reglamentaria que dicta en su consecuencia la Autoridad de Aplicación.

Entre los beneficios, podemos mencionar el otorgamiento de Estabilidad fiscal sujeto a la expedición del certificado respectivo y cuyo efecto operará a partir del momento de presentación de la factibilidad técnico-económica del proyecto (o ampliación de uno existente) por 30 años. La mencionada estabilidad abarca impuestos directos, tasas y contribuciones impositivas, derechos, aranceles u otros gravámenes a la importación o exportación del ámbito nacional, provincial o municipal. Es dable mencionar que el beneficio de estabilidad fiscal no abarca a los procesos industriales.

Por su parte, la ley N° 24.196 beneficia a los sujetos mencionados en su artículo 2, con la posibilidad de deducir del impuesto a las Ganancias los gastos de inversión en prospección y exploración, sin perjuicio del tratamiento que como gasto o inversión tenga el régimen general del tributo. También cuenta con la posibilidad de solicitar la devolución del Impuesto al Valor Agregado originado por la compra de bienes y/o servicios destinados a la exploración; posee un Régimen optativo de amortización acelerada, Exención de tributos, tasas y aranceles para la importación de bienes de capital e insumos; Previsión especial para cuidado del ambiente, deducible hasta el 5% de los costos operativos y de beneficio, entre los incentivos tributarios más importantes.

En lo que respecta a producción, Argentina se posiciona en 4° lugar en la producción mundial del litio con el 7,4% del market share en el año 2019, después de Australia (52,2%), Chile (22,4%) y China (12,5%). Estos valores mostraron variaciones durante el año 2020 y, aunque mantuvieron las posiciones del año previo, la participación de

China aumentó a un 17% absorbiendo parte de la representación del mercado de Australia y Chile.

Focalizando en el triángulo del litio, el mismo contiene cerca del 65% de los recursos mundiales de litio y, mediante la suma de la producción entre Argentina y Chile pueden explicar el 29,9% de la producción mundial total para el año 2019. Este valor mostró una leve caída durante el 2020 pasando a ubicarse en el 29,5%. El triángulo cuenta solamente con la producción comercial de Argentina y Chile, dado que Bolivia se encuentra en producción a escala piloto. Argentina tuvo un incremento en la producción de litio del 72,2% entre 2015 y 2020, mientras que Chile aumentó en 71,4%.

En lo que respecta a la producción, Argentina actualmente produce dos variantes de Litio, el cloruro y el carbonato, tal como puede verse en el Gráfico 16. El destino de estos compuestos es el mercado externo.

Ahora bien, cada uno de ellos ha mostrado una evolución particular en cuanto a su producción en el país. Es así como el cloruro de litio fue el protagonista en la década de 1990, ya que su principal uso es industrial en las aplicaciones más tradicionales del litio, mientras que los carbonatos comenzaron a tomar relevancia a mediados de la primera década del 2000, con la masificación en el uso de dispositivos electrónicos y el auge de los autos eléctricos.

Tabla 2: Participaciones en el mercado del litio

| País | Variación 2020/19 | Participación en 2019 | Variación 2020/2015 |
|---------------------|-------------------|-----------------------|---------------------|
| Australia | -11,1% | 52,2% | 183,7% |
| Chile | -6,7% | 22,4% | 71,4% |
| China | 29,6% | 12,5% | 600,0% |
| Argentina | -3,1% | 7,4% | 72,2% |
| Brasil | -20,8% | 2,8% | 850,0% |
| Zimbabue | 0,0% | 1,4% | 33,3% |
| Portugal | 0,0% | 1,0% | 350,0% |
| Triángulo del litio | -5,8% | 29,8% | 71,6% |
| Mundo | -4,7% | 100,0% | 160,3% |

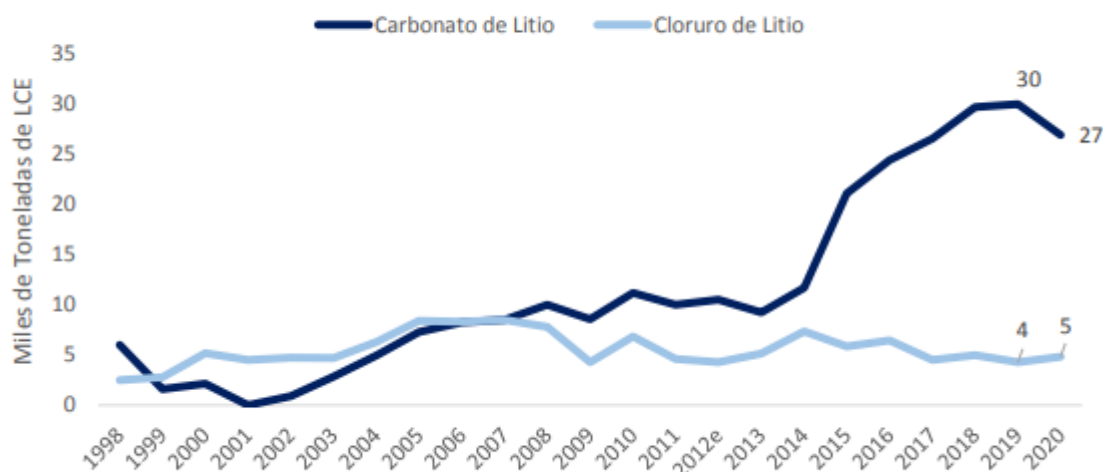
Fuente: Elaboración propia en base a USGS

Gráfico 16: Cadena de valor del Litio en Argentina



Fuente: Elaboración propia en base a COCHILCO, USGS e información de las empresas

Gráfico 17: Evolución en la producción de carbonatos y cloruros en Argentina



Fuente: Elaboración propia en base a la información suministrada por las empresas

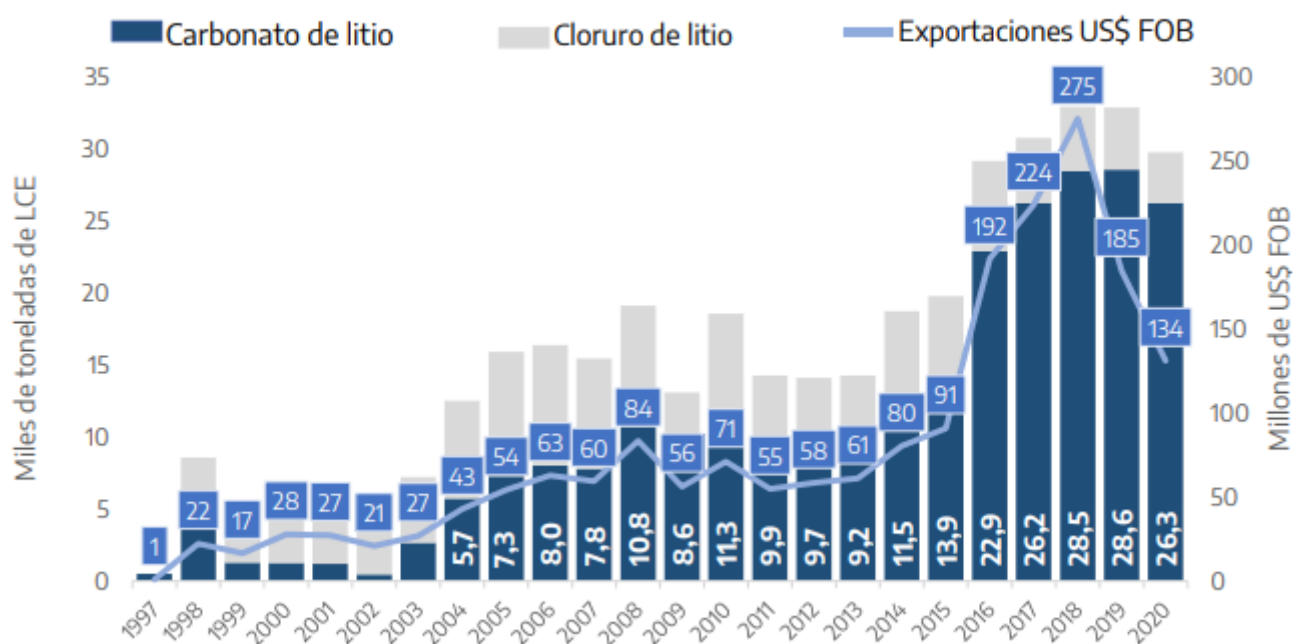
III.2.1. Exportación

Las exportaciones de Litio crecieron rápidamente desde el año 2000. El aumento de los precios internacionales, conocido como el “boom de los commodities”, sumado a la fuerte demanda que se comenzó a registrar en dicho período, al aumento en la producción local y a la apertura de nuevos mercados para exportar que demandaban el recurso para la fabricación de baterías, fueron las causas del crecimiento de las exportaciones de litio argentinas en los últimos 20 años.

Al analizar el precio promedio de exportación (PPE) se puede observar una tendencia alcista desde el año 1998, notándose un fuerte incremento, por arriba de la tendencia, en los cuatro años que van desde 2016 hasta 2019. En este sentido, cabe destacar que las mismas muestran una correlación directa con la evolución de los precios mostrada en la primera sección de este documento, debido a que en este período sólo dos proyectos de litio se han puesto en marcha, lo que provocó que las cantidades ofrecidas al mercado se mantuvieran relativamente estables por varios años.

En este punto, cabe destacar que el pico histórico se alcanzó en el año 2018 con el “boom del litio”, y posteriormente, con el descenso de los precios internacionales también disminuyeron los ingresos vía exportaciones. Adicionalmente, en el año 2020, como ya se mencionó en otras secciones del documento, la producción se vio afectada por las medidas aplicadas en pandemia y, en consecuencia, también se redujeron las cantidades exportadas. Esto, sumado a la caída en el precio internacional, provocó que las exportaciones alcanzaran el valor de 134 millones de US\$ FOB, lo que implicó una caída del 27,5% respecto del año 2019 y del 51,3% si se lo compara con el pico del 2018.

Gráfico 18: Exportaciones argentinas 1997-2020



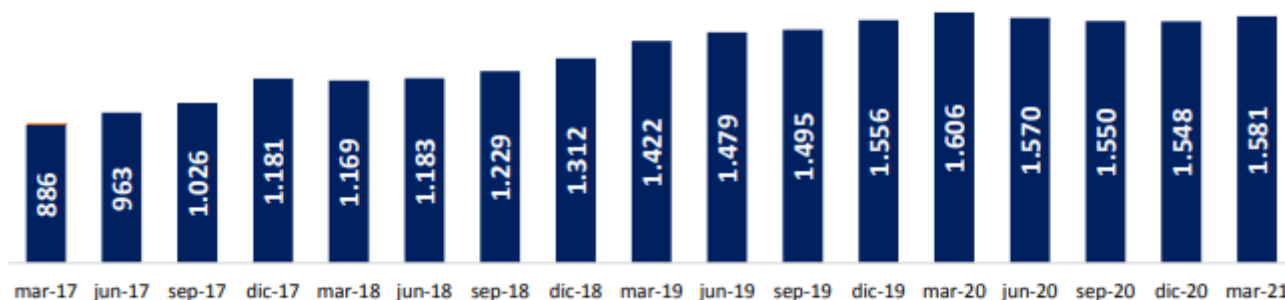
Fuente: Elaboración propia en base a INDEC

III.2.2. Empleo

Un punto a tener en cuenta en cuanto al análisis de la actividad, es el empleo generado en el país: para el mes de marzo del año 2021, el sector alcanzó los 1.581 empleados directos. Cabe resaltar que el sector no ha disminuido significativamente su planta de empleados en el contexto de pandemia, y que a inicios del 2021 la cantidad de empleados se encontraba próxima a los valores pre-pandemia. Se debe también tener en cuenta que este empleo se genera en zonas alejadas de las grandes

urbes y con poca oferta laboral y que los sueldos se suelen ubicar muy por encima de los promedios provinciales donde se desarrolla la actividad.

Gráfico 19: Evolución del empleo directo generado por la actividad litífera en el país



Fuente: Dirección de Información y Transparencia Minera en base a Sistema Integrado Previsional Argentino (SIPA).

III.2.3. Potencialidad del sector

Actualmente Argentina cuenta con 19 proyectos mineros para explotación del recurso en distintos grados de avance. Tal como se puede apreciar en la Tabla 3, las dos operaciones que se encuentran operativas, Mina Fénix y Salar de Olaroz, cuentan con planes de expansión de sus capacidades de producción en 20 mil y 25 mil toneladas de LCE adicionales, respectivamente. En cuanto a la etapa de construcción, sólo uno de los proyectos, Cauchari – Olaroz se encuentra en este estadio y podría llegar a iniciar sus operaciones en el 2022.

Siguiendo en orden de avance de los proyectos, 4 de ellos se encuentran en etapa de factibilidad, otros 3 en prefactibilidad, 6 en PEA y 7 en exploración avanzada. Según lo informado por las distintas empresas controlantes de estos proyectos, Argentina cuenta con un potencial de inversiones en explotaciones mineras de litio de US\$ 6.473 millones, si se contabiliza todo lo detallado hasta el momento. Y tal como ya se ha explicado en otras secciones, de potenciar la exploración en el país, este número podría aumentar significativamente cuando los proyectos en exploración inicial empiecen a escalar en los distintos grados de avance mencionados. En el caso de computar tan sólo las cantidades de expansión, Argentina podría producir unas 45 mil toneladas LCE adicionales en el futuro cercano. Si a esto se suma el año próximo la puesta en marcha de Cauchari – Olaroz, se sumarían otras 40 mil toneladas adicionales, totalizando 85 mil toneladas. Por otro lado, es necesario prestar atención a las novedades del proyecto Centenario Ratonés, que se encontraba en etapa de construcción y, ante las complicaciones surgidas por el año de pandemia, ha disminuido su grado de avance a factibilidad. En caso de volver a reactivar su construcción, se contarían con 24 mil toneladas LCE adicionales, totalizando 109 mil toneladas de producción.

En caso de ponerse en funcionamiento en los próximos años el resto de los proyectos que hoy tienen menores grados de certidumbre, Argentina podría totalizar una producción de 373,5 mil toneladas adicionales a su capacidad actual de 37,5 mil toneladas. En conclusión, el país contaría con un enorme potencial que le permitiría mantenerse entre los primeros productores a nivel global, e incluso mejorar la posición que tiene en la actualidad de cara a los aumentos esperados en la demanda futura.

Tabla 3: Cartera de proyectos de litio en Argentina

| PROYECTO MINERO | CONTROLANTE | UBICACIÓN | ESTADO ACTUAL | Capacidad prevista (Tn/año LCE) | Inversión (mill. US\$) |
|-------------------------------|---|-----------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------|
| Mina Fenix | Livent Corporation | Catamarca | Producción | 20.000 | 300 |
| Salar de Olaroz | Orocobre Toyota Tsusho JEMSE | Jujuy | Producción | 25.000 | 285 |
| Cauchari-Olaroz | Jiangxi Ganfeng Lithium Co., Ltd. Lithium Americas Corp JEMSE | Jujuy | Construcción | 40.000 | 565 |
| Centenario-Ratones | Eramet | Salta | Factibilidad | 24.000 | 595 |
| Pastos Grandes | Millennial Lithium Corp. | Salta | Factibilidad | 24.000 | 448 |
| Sal de Vida | Galaxy Resources Ltd | Catamarca | Factibilidad | 25.000 | 474 |
| Salar del Rincón | Rincon Ltd | Salta | Factibilidad | 25.000 | 599 |
| Cauchari | Orocobre Limited Pty Ltd. | Jujuy | Prefactibilidad | 25.000 | 446 |
| Kachi | Lake Resources | Catamarca | Prefactibilidad | 25.500 | 544 |
| Tres Quebradas | Neo Lithium Ltd. | Catamarca | Prefactibilidad | 20.000 | 319 |
| Mariana | Jiangxi Ganfeng Lithium Co., Ltd. 82,75% International Lithium Corp. 17,25% | Salta | Evaluación económica preliminar | 10.000 | 243 |
| PPG | PLUS PETROL | Salta | Evaluación económica preliminar | 25.000 | 338 |
| Sal de Los Ángeles | Tibet Summit | Salta | Evaluación económica preliminar | 25.000 | 144 |
| Salar del Hombre Muerto Norte | NRG Metals Inc. | Salta | Evaluación económica preliminar | 5.000 | 93 |
| Salar del Rincón - Argosy | Argosy Minerals | Salta | Evaluación económica preliminar | 10.000 | 141 |
| Hombre Muerto Oeste | Galan Lithium Limited | Catamarca | Evaluación económica preliminar | 20.000 | 439 |
| Candelas | Galan Lithium Limited | Catamarca | Exploración avanzada | - | - |
| Sal de Oro | Posco | Salta | Exploración avanzada | 25.000 | 500 |
| Pular | Pepinnini Lithium Limited | Salta | Exploración avanzada | - | - |
| Rincón | Pepinnini Lithium Limited | Salta | Exploración avanzada | - | - |
| Río Grande | PLUS PETROL | Salta | Exploración avanzada | - | - |
| Gallego | Everlight Resources | Salta | Exploración avanzada | - | - |
| Salinas Grandes | PLUS PETROL | Jujuy | Exploración avanzada | - | - |
| | | | | 373.500 | 6.473 |

Fuente: Elaboración propia en base a reportes públicos de las compañías operadoras de los proyectos.

IV. Bibliografía

COCHILCO, Agosto 2020, “Oferta y demanda de litio hacia el 2030”

<https://www.cochilco.cl/Mercado%20de%20Metales/Produccion%20y%20consumo%20de%20litio%20hacia%20el%202030.pdf>

Fastmarkets

<https://www.fastmarkets.com/>

Instituto Nacional de Estadística y Censos – INDEC

<https://www.indec.gob.ar/>

López, Andrés, Martín Obaya, Paulo Pascuini y Adrián Ramos, BID, Febrero 2019, “Litio en la Argentina. Oportunidades y desafíos para el desarrollo de la cadena de valor”

<https://publications.iadb.org/es/litio-en-la-argentina-oportunidades-y-desafios-para-el-desarrollo-de-la-cadena-de-valor>

Obaya, Martín y Céspedes Mauricio, CEPAL, Junio 2021, “Análisis de las redes globales de producción de baterías de ion de litio. Implicaciones para los países del triángulo del litio”

<https://www.cepal.org/es/publicaciones/46943-analisis-redes-globales-produccion-baterias-ion-litio-implicaciones-paises>

Servicio Geológico de los Estados Unidos – USGS

<https://www.usgs.gov/>