



# Oferta y demanda de litio hacia el 2030

---

DEPP

## Tabla de Contenidos

I.	Resumen Ejecutivo .....	4
II.	Demanda .....	5
1.	Usos del litio .....	5
2.	Consumo de litio por compuesto químico .....	5
3.	Consumo por país.....	6
4.	Proyección de la demanda de litio al 2030 .....	7
a.	Proyección de la demanda de litio por vehículos eléctricos .....	7
b.	Proyección de la demanda de litio remanente .....	9
c.	Proyección de la demanda agregada de litio .....	10
d.	Proyección de la demanda de litio por composición química .....	11
5.	Riesgos al crecimiento de la demanda de litio.....	11
III.	Oferta .....	13
1.	Fuentes de litio.....	13
2.	Producción por tipo de yacimiento .....	14
3.	Participación de mercado.....	15
a.	Por país.....	15
b.	Por empresa .....	15
4.	Producción por compuesto químico .....	16
a.	Carbonato e hidróxido .....	16
b.	Producción secundaria de litio .....	17
5.	Costos de producción.....	17
a.	Rango de costos estimados.....	17
b.	Desagregación por insumo.....	18
c.	Operaciones de salmueras .....	19
6.	Proyección de la producción de litio mina al 2030 .....	20
a.	Producción mina por país.....	20
b.	Producción por compuesto químico .....	21
c.	Principales proyectos .....	21
IV.	Balance y precios.....	26
1.	Balance químico 2016-2030.....	26
2.	Evolución reciente del precio del litio .....	26

V.	Anexos .....	29
1.	Auge de la electro-movilidad: .....	29
a.	Principales jurisdicciones .....	29
b.	Fabricantes de autos eléctricos.....	32
c.	Costos de fabricación de automóviles eléctricos versus de combustión interna .....	32
d.	Posibles sustitutos a la electro movilidad .....	33
2.	Chile en la industria del litio.....	34
a.	Importancia de la producción chilena en el mundo .....	34
b.	Importancia de la producción chilena en Chile.....	35
•	Exportaciones de sustancias de litio .....	35
•	Exportaciones de litio en relación a otros productos .....	36
c.	Ventajas comparativas .....	37
d.	Acuerdos de CORFO con SQM y Albemarle .....	39
e.	Proyectos.....	40
f.	Desafíos críticos en la producción.....	41
g.	Creación de una cadena de valor del litio en Chile .....	43
VI.	Referencias.....	45

## I. Resumen Ejecutivo

### **Demanda y oferta de litio:**

La demanda de litio ha experimentado un importante crecimiento, pasando de 204 kilo toneladas de Carbonato de Litio Equivalente (en adelante kt. LCE) en 2016 a 323 kt. LCE en 2019, lo que equivale a un incremento compuesto anual de 16%. Lo anterior está principalmente asociado al uso del litio en baterías recargables de ion-litio, especialmente en el segmento de vehículos eléctricos, situación que se espera a largo plazo continúe en alza a medida que el mundo hace esfuerzos por encontrar fuentes de transporte menos contaminantes que sustituyan el uso de combustibles fósiles. En efecto, el consumo de litio en autos eléctricos de pasajeros pasó de representar el 18% del consumo agregado de litio en 2016 al 32% en 2019, y -aun considerando que históricamente el mercado ha tendido a sobreestimar la velocidad de crecimiento de esta industria- esperamos que al 2030 represente cerca del 80%.

Dada la progresión reciente en la demanda, la oferta debió ajustarse al alza. Así, la producción mina agregada creció de 209 kt. LCE en 2016 a 381 kt. LCE en 2019, lo que equivale a un incremento compuesto anual de 22%. Esto se explica en gran parte gracias a los aumentos operativos de los dos principales países productores, Australia y Chile, con el 48% y el 29% respectivamente del total en 2019. Ahora bien, a pesar de que se espera que ambos países más que dupliquen su producción hacia fines de la década, igualmente disminuirían progresivamente su participación en el total mundial conforme nuevos proyectos vayan desarrollándose en el resto del mundo.

Como resultado de este desarrollo, durante 2016 y 2017 las cotizaciones de los dos principales químicos de litio, el carbonato (71% de la demanda agregada en 2019) y el hidróxido (24%), se transaron progresivamente al alza, con sus precios promedio estimados en Asia creciendo un 167% y 97% respectivamente durante el periodo. Posteriormente, dado el incremento en la oferta sumado a menores expectativas en las ventas de autos eléctricos, se entró a un creciente superávit de oferta, lo que explica porque los precios han tendido a la baja desde 2018 en adelante.

### **Efectos de la pandemia COVID-19:**

Dada la pandemia COVID-19, una recesión mundial sin precedentes desde las guerras mundiales del siglo XX ya es prácticamente una realidad. Con esto, se esperan ventas significativamente menores de autos eléctricos, situación que naturalmente presionará los precios a la baja. En paralelo, por el lado de la oferta, se han anunciado numerosos retrasos en la entrada de nuevos proyectos junto a la certeza de una menor producción en algunas operaciones actuales. Con todo, en el corto plazo se espera que el impacto negativo sobre la demanda sea mayor que en la oferta, lo que a su vez contribuye a que los precios sigan cayendo.

Es una interrogante en la discusión económica contingente sobre qué tan a corto plazo se sentirán los efectos de la crisis. Si bien la situación continúa siendo altamente voluble, esperamos que a largo plazo no haya efectos significativos sobre la demanda, lo que implicaría a su vez que la oferta pueda reactivarse con relativa rapidez, incluyendo el desarrollo de los proyectos actualmente suspendidos. Como resultado, el mercado del litio pasaría de un superávit a déficit hacia fines de la década, lo que a su vez induciría a los precios al alza y a la entrada de nuevos proyectos.

## II. Demanda

### 1. Usos del litio

Antes de entrar de lleno en el consumo actual y futuro del litio, es conveniente revisar someramente cuáles son sus principales usos en tanto estos son precisamente los motores que sustentan la demanda. De forma simplificada, como se expone en la tabla 1, estos se pueden dividir en dos grandes categorías: En primer lugar, el segmento de baterías de ion-litio, ampliamente usadas en la fabricación de autos eléctricos, artículos electrónicos y sistemas de almacenamiento energético. En segundo lugar, están los usos tradicionales de litio, incluyendo vidrios y cerámicas, grasas y lubricantes, sistemas de aire acondicionado y productos farmacéuticos, entre otros.

Tabla 1: Usos del litio

BATERÍAS RECARGABLES	USOS TRADICIONALES
<b>Electro-movilidad</b> Vehículos livianos y pesados, <i>e-bikes</i> , <i>scooters</i>	<b>Vidrio y cerámicas</b> El litio permite hacer que estos productos adquieran una serie de propiedades, tales como menor expansión térmica, menor temperatura de fuego y mayor fortaleza
<b>Artículos electrónicos</b> Tablets, computadores y teléfonos, herramientas	<b>Grasas y lubricantes</b> Permite usarlos a temperaturas y condiciones variables.
<b>Almacenamiento energético</b> Combinando baterías con sistemas de <i>machine learning</i> , se puede conservar electricidad para uso futuro	<b>Otros</b> Tratamiento de aire, productos farmacéuticos, plásticos y polímeros, entre otros

Fuente: Cochilco.

Como veremos a continuación, las baterías recargables para autos eléctricos son abrumadoramente el principal *driver* de la demanda, situación que –debido en gran medida a la búsqueda de alternativas de transporte menos contaminantes- se espera que crezca en el tiempo. En consecuencia, cualquier discusión sobre demanda de litio se sustenta en primera instancia en el auge que ha experimentado la electro-movilidad a nivel mundial en los últimos años<sup>1</sup>.

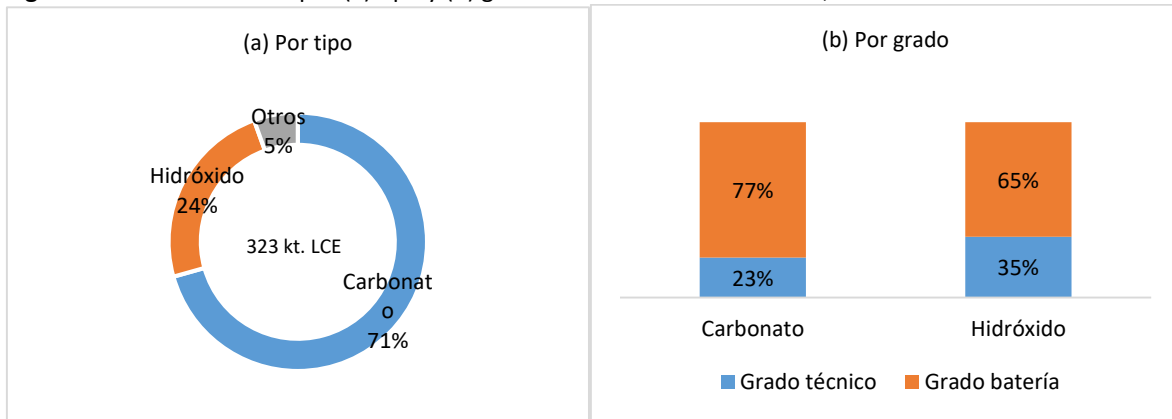
### 2. Consumo de litio por compuesto químico

En términos generales el litio como producto se puede categorizar según su composición química en carbonato, hidróxido y otros compuestos que incluyen concentrados, butil-litio, bromuro y metal de litio. Actualmente, como se ilustra en la figura 1.a, el carbonato es el producto de mayor utilización industrial con cerca de un 71%, seguido del hidróxido con un 24%.

De igual forma, tanto el hidróxido como el carbonato se pueden categorizar en grado técnico y grado batería según el grado de pureza de su composición. En el caso del carbonato, el grado técnico usualmente suele requerir un 99,0% de pureza y el grado batería al menos un 99,5%. Como vemos en la figura 1.b más abajo, en general se tiende a privilegiar el grado batería.

<sup>1</sup> Para una discusión más detallada sobre este punto, revisar Anexo 1.

**Figura 1:** Demanda de litio por (a) tipo y (b) grado de carbonato e hidróxido, 2019



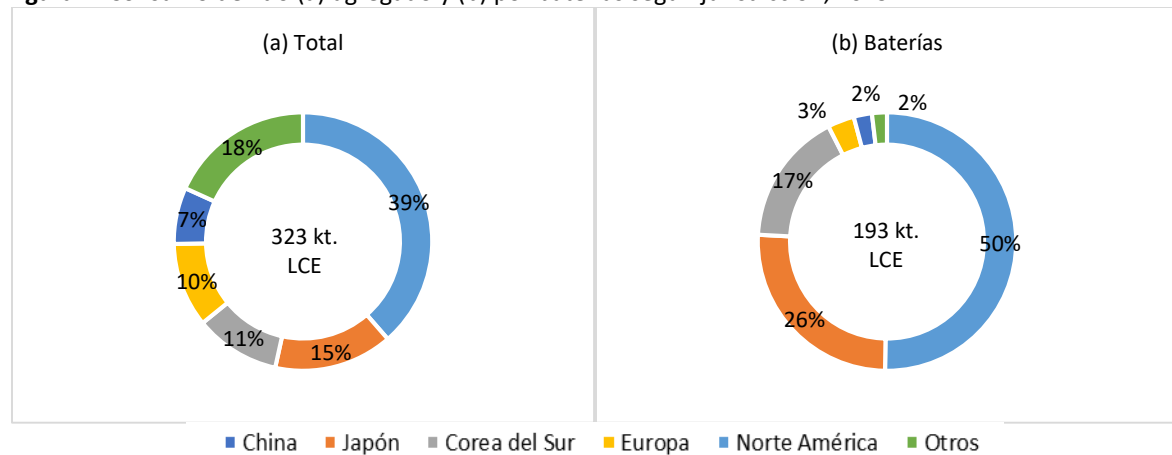
Fuente: Cochilco en base a estimaciones de Benchmark Mineral Intelligence (BMI) y Roskill.

### 3. Consumo por país

Como se puede constatar en la figura 2 más abajo, China es por lejos el principal centro de consumo de litio, representando el 39% del litio a nivel agregado y la mitad del litio usado para la fabricación de baterías. La alta importancia de China en el consumo no es esporádica. El consumo de litio de este país se ha incrementado a tasas anuales cercanas al 10% desde comienzos del siglo XXI, debido en gran parte a la rápida expansión industrial de su sector automotriz y electrónico.

De igual forma, vemos que otras jurisdicciones líderes con industrias automotrices y de aplicaciones electrónicas altamente desarrolladas como Japón, Corea del Sur y Europa también cuentan con participaciones significativas en consumo, particularmente en lo que respecta al desarrollo de baterías. En efecto, en el segmento de baterías, los tres países asiáticos previamente mencionados son responsables del 93% del consumo. Dada el creciente peso de este sector, es esperable que el crecimiento de la demanda agregada siga dependiendo fuertemente del desarrollo industrial y tecnológico asiático.

**Figura 2:** Consumo de litio (a) agregado y (b) por baterías según jurisdicción, 2019



Fuente: Cochilco en base a BMI y Roskill.

#### 4. Proyección de la demanda de litio al 2030

##### a. Proyección de la demanda de litio por vehículos eléctricos

Como mencionamos previamente, en los últimos años la principal fuente de demanda de litio proviene del sector transporte, especialmente ligada a la demanda por vehículos eléctricos livianos o de pasajeros. Esta es una tendencia que se espera continúe creciendo progresivamente, a medida que los automóviles de combustión interna comiencen a ser progresivamente reemplazados por alternativas menos contaminantes.

En este contexto, cualquier proyección que se haga de la demanda de litio dependerá en primer término de las perspectivas de crecimiento del sector de electro-movilidad. Como consecuencia, una adecuada proyección de demanda de litio descansa sobre una adecuada proyección de las ventas de autos eléctricos.

Con todo, nuestra proyección de demanda de litio por electro-movilidad se construye en cuatro pasos descritos a continuación:

##### **Paso 1:** Obtenemos la demanda proyectada de autos eléctricos.

- Para esto consideramos tres categorías: Autos completamente eléctricos (BEV, por sus siglas en inglés), autos híbridos (PHEV) y otros, donde incluimos buses, camiones y vehículos pesados).
- Para la proyección anual al 2030 de estas tres categorías recurrimos a las estimaciones de varias fuentes de mercado, incluyendo a HSBC y Rho Motion con algunos ajustes correspondientes a las circunstancias actuales<sup>2</sup>.
- Dada la incertidumbre especialmente alta que existe sobre la demanda futura de BEV y PHEV, modelamos un escenario negativo y otro positivo a nuestro escenario base. En cada caso, suponemos un al menos un 2% de variación respecto de la proyección original en el primer año (i.e., 2020) que va creciendo exponencialmente año a año a fin de reflejar una mayor variabilidad en los años finales.

##### **Paso 2:** Obtención de la demanda energética de baterías de ion-litio a usarse en autos eléctricos.

- En primer lugar, para cada una de las tres categorías de vehículos eléctricos buscamos la capacidad promedio de la batería de ion-litio (kWh por unidad). Es decir, cuantos kWh será capaz de proveer una batería estándar de acuerdo a la tecnología vigente en cada año. Para

---

<sup>2</sup> En particular, ambas fuentes estudiadas consideraban un aumento en las ventas de autos eléctricos y autos totales durante 2020. Sin embargo, dado el impacto del virus COVID-19 sobre la economía mundial, consideramos que este crecimiento era improbable y lo ajustamos a la baja en línea con las proyección de WoodMackenzie (que estima una disminución de 43% en las ventas de autos eléctricos en 2020 en relación a 2019, y de IHS Markit (que estima una disminución de 22% en las ventas automotrices en general).

esta proyección recurrimos a las estimaciones de HSBC en el caso de BEV y PHEV, y de Rho Motion en el caso de otros vehículos.

- En segundo lugar, multiplicamos esta capacidad unitaria de cada categoría (kWh/unidad) por nuestra proyección de vehículos eléctricos en cada categoría ya calculada en el paso 1. Con esto obtenemos una proyección de la demanda energética total de baterías de ion-litio por año al 2030.

### Paso 3: Estimamos el litio requerido por las baterías de ion-litio

- En primer término, para cada tipo de batería de ion-litio revisamos cuanto litio contienen en promedio en sus cátodos. Estas estimaciones pueden variar según la fuente, como podemos ver en la tabla 2 a continuación:
- 

**Tabla 2:** Uso de metal de litio por tipo de cátodo (kg/kWh)

Cátodo	BMI	HSBC
Litio y óxido de cobalto (LCO)	0.15	0.11
Níquel-litio, Cobalto y óxido de Aluminio (NCA)	0.16	0.11
Níquel-litio, Cobalto y Manganeso (NCM)	0.16	0.13
Litio, Óxido de Manganeso (LMO)	0.16	S/I
Litio, Manganeso, Óxido de Níquel (LMNO)	0.15	S/I
Litio Fosfato y Hierro (LFP)	0.16	S/I

Fuente: BMI y HSBC.

- En segundo término, obtenemos una proyección de la tasa de penetración de cada tipo de batería para el sector de electro-movilidad. Para esto recurrimos a la estimación de BMI, como se ilustra en la tabla 3 más abajo:

**Tabla 3:** Tasa de adopción de baterías de ion-litio en transporte:

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
LCO	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
NCA	17%	17%	13%	17%	21%	14%	10%	9%	9%	9%	9%	9%	7%	5%	4%	3%
NCM	13%	22%	38%	50%	51%	57%	63%	65%	69%	70%	73%	74%	77%	80%	83%	84%
LMO	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
LMNO	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	3%	3%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
LFP	70%	61%	48%	33%	29%	29%	26%	23%	19%	18%	16%	15%	14%	13%	12%	11%

Nota: Mayor intensidad de color indica mayor tasa de adopción.

Fuente: BMI.

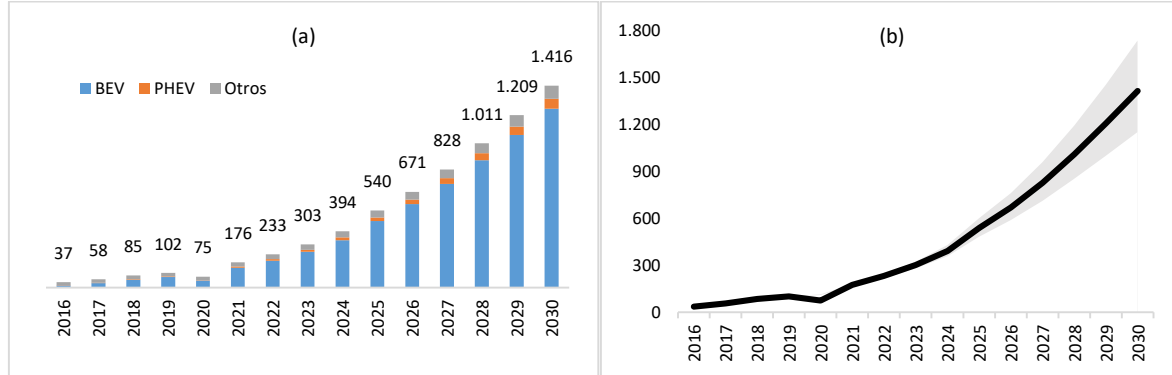
- Luego, a partir de estas dos estimaciones, obtenemos el contenido de litio por energía (kg. Li/kWh) en una batería de ion-litio promedio a través de la multiplicación de los vectores de adopción de batería por año con el vector de contenido de litio por batería.



#### Paso 4: Proyección de la demanda de litio en autos eléctricos

Ya a través de la multiplicación de las proyecciones descritas en los pasos 3 y 4 podemos estimar la demanda de litio agregada por año en autos eléctricos. Esta se simula en la figura 3 a continuación, junto a los escenarios negativo y positivo.

**Figura 3:** (a) Demanda de litio por vehículos eléctricos. (b) Demanda con escenarios esperado, máximo y mínimo (kt. LCE)



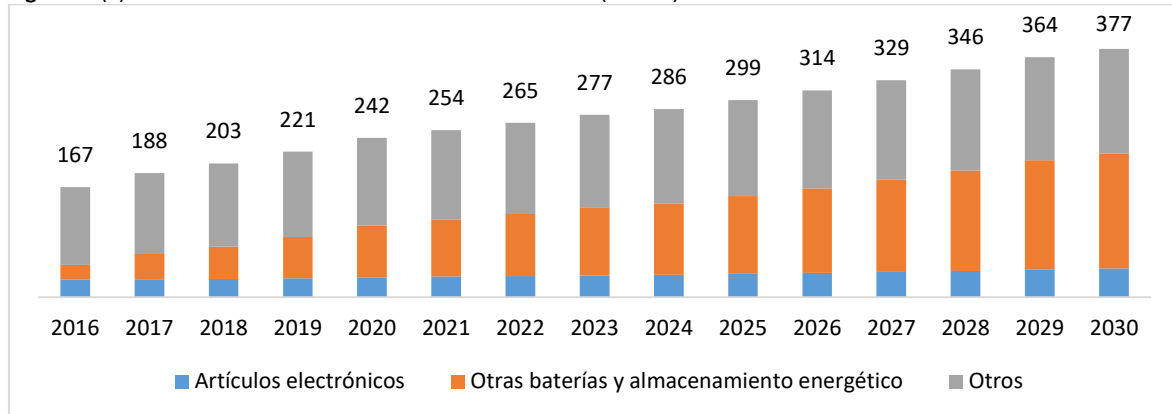
Fuente: Cochilco.

Como se puede apreciar, en nuestro escenario base la demanda de litio asociada a electro-movilidad alcanzaría las 1.416 kt. LCE hacia el 2030. Desagregando por tipo de vehículo, esperamos que las ventas de BEV continúen siendo el principal motor de la demanda del segmento. En efecto, en nuestro escenario base pasarían de representar el 62% del total en 2019 un 88% al 2030.

En paralelo, atendiendo al alto riesgo inherente a cualquier proyección de ventas de autos eléctricos, vemos que en el escenario máximo la demanda de litio ascendería a unas 1.700 kt. LCE hacia 2030, mientras que en el mínimo a 1.150 kt. LCE.

#### b. Proyección de la demanda de litio remanente

A fin de proyectar la demanda de litio derivada de otras fuentes de consumo, consideraremos las estimaciones realizadas por HSBC, Roskill y otras fuentes de mercado. De manera simplificada, las agruparemos en tres categorías: artículos electrónicos (donde incluimos baterías para *tablets*, computadores, teléfonos y herramientas electrónicas), almacenamiento energético y otras baterías (incluyendo, por ejemplo, baterías para *e-bikes*) y otros (cerámicas, polímeros y usos no vinculados a baterías). La proyección de cada una de estas categorías se ilustra en la figura 4 a continuación:

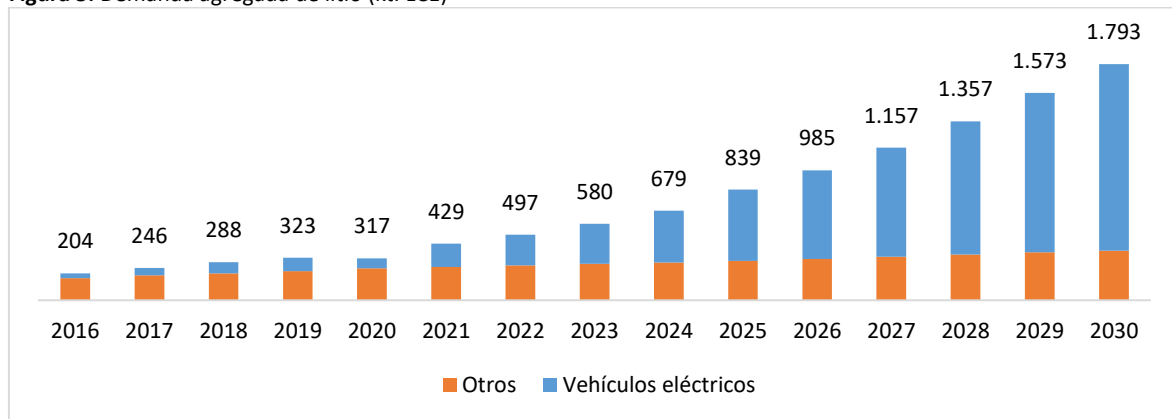
**Figura 4:** (a) Demanda de litio no asociada a autos eléctricos (kt. LCE)

Fuente: Cochilco en base a HSBC, Roskill y otras fuentes de mercado.

Cabe señalar que en general varios de estos mercados, tales como la telefonía celular o los computadores portátiles -agrupados en la categoría “artículos electrónicos”- así como los usos relativamente tradicionales del litio -agrupados en la categoría “otros”- son considerados maduros por lo que su proyección de crecimiento es en principio menos variable que en el caso de los autos eléctricos. Sin embargo, existen otros con un potencial de expansión que pueden contar con una mayor volatilidad, tales como las baterías de ion-litio para bicicletas electrónicas o *e-bikes*, o los sistemas de almacenamiento energético. En efecto, como se puede observar en la figura anterior, se espera que este conjunto de ítems sea la categoría que presente el mayor crecimiento.

### c. Proyección de la demanda agregada de litio

Ya con las proyecciones individuales según cada fuente de consumo de litio, podemos proyectar finalmente la demanda agregada. Esto se ilustra en la figura 5 a continuación, separando por el segmento de autos eléctricos y todo lo demás.

**Figura 5:** Demanda agregada de litio (kt. LCE)

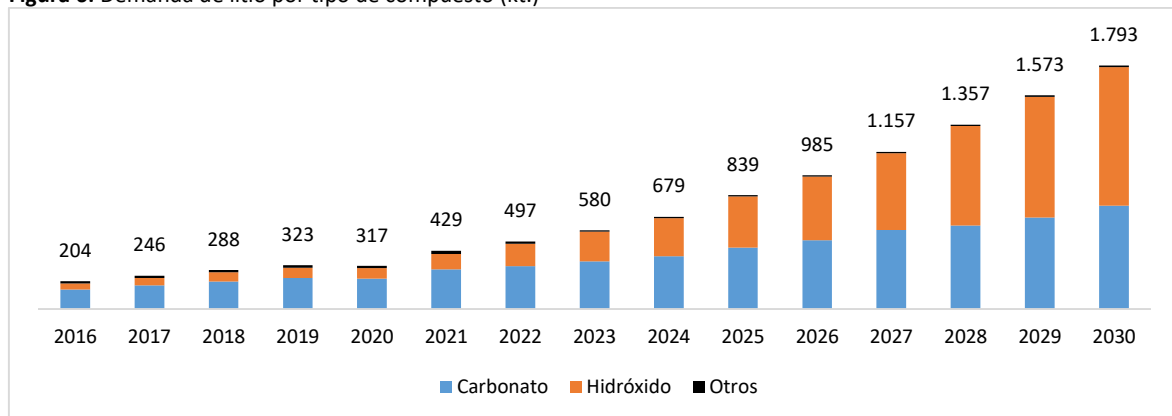
Fuente: Cochilco.

Como se anticipaba, el crecimiento esperado de la demanda de litio depende fuertemente del crecimiento de la electro-movilidad. En efecto, esperamos que hacia el 2030 el segmento de autos eléctricos represente el 79% del consumo de litio desde un 32% en 2019.

#### d. Proyección de la demanda de litio por composición química

Como expusimos en el punto 2 del presente capítulo, el consumo de litio se divide mayormente en compuestos de carbonato e hidróxido. Como se puede apreciar en la figura 6 siguiente, si bien actualmente el carbonato es demandado con mayor intensidad (71% del total frente a un 24% para el hidróxido en 2019), se espera que a futuro sea el hidróxido el principal motor de la demanda de litio (57% del total versus un 42% para el carbonato hacia el 2030). Lo anterior se explica mayormente por una inclinación creciente de los fabricantes por baterías del tipo NCM (Níquel-Litio, Cobalto, Manganeso), variedad en la cual se espera que el hidróxido sea crecientemente empleado en detrimento del carbonato.

Figura 6: Demanda de litio por tipo de compuesto (kt.)



Fuente: Cochilco en base a estimaciones de BMI.

## 5. Riesgos al crecimiento de la demanda de litio

Dado el peso que tiene el crecimiento de la electro-movilidad sobre la demanda de litio, es prudente transparentar algunos de los riesgos más importantes que puede enfrentar la industria. Esto es particularmente relevante al considerar que históricamente las ventas de autos eléctricos han sido menores a las esperadas por el mercado, situación que naturalmente siembra sospechas sobre cualquier proyección de la demanda esperada de litio.

En general podemos agrupar estos riesgos según su temporalidad en corto, mediano o largo plazo según se expone en la tabla 4. Ahora bien, se debe acotar que esta temporalidad es únicamente referencial en tanto que naturalmente los acontecimientos de corto plazo pueden tener consecuencias significativas extendidas en el tiempo. En este contexto, debemos explicitar que clasificamos la crisis económica de 2020 a raíz de la pandemia COVID-19 como un riesgo de corto plazo, aun cuando existe la posibilidad latente de que suponga un impacto significativo al crecimiento mundial a largo plazo.

**Tabla 4:** Riesgos asociados al crecimiento del consumo de litio

<b>Temporalidad</b>	<b>Riesgo</b>
<b>Corto Plazo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crisis económicas mundiales (pandemia COVID-19 durante 2020)</li> </ul>
<b>Mediano Plazo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variaciones en los subsidios autos eléctricos</li> <li>• Menores impuestos a autos de combustión interna</li> <li>• Menores mejoras tecnológicas que supongan costos mayores en autos eléctricos</li> </ul>
<b>Largo Plazo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor precio del petróleo (aminora costos de producción pero a largo plazo puede abaratar costos de uso de autos de combustión interna)</li> <li>• Sustitutos: Baterías de potasio-ion, hidrógeno, entre otros.</li> </ul>

Fuente: Cochilco.

Se puede advertir que en general los riesgos explicitados a mediano plazo tienen relación con el costo relativo de los autos eléctricos frente a los de combustión interna, por lo que a grandes rasgos es posibles revisarlos de manera conjunta. Por otra parte, un riesgo altamente discutido a largo plazo ha sido el potencial de los sustitutos, dentro de los cuales destacan desde luego los automóviles a celda de hidrógeno (y, en efecto, ya existe una incipiente industria buscando su consolidación en el mercado). Ambos puntos se discuten en mayor profundidad en el anexo 1.

### III. Oferta

#### 1. Fuentes de litio

En general se pueden distinguir tres fuentes potencialmente explotables de litio a nivel mundial: de mineral de roca o pegmatitas (comúnmente en la forma de espodumeno), salmueras (típicamente en reservorios acuosos continentales) y rocas sedimentarias. En la tabla 5 a continuación presentamos una somera clasificación de estas tres categorías según tipo de depósito, porcentaje que representan a nivel mundial, el estado natural en que se encuentran.

**Tabla 5:** Clasificación de los recursos de litio

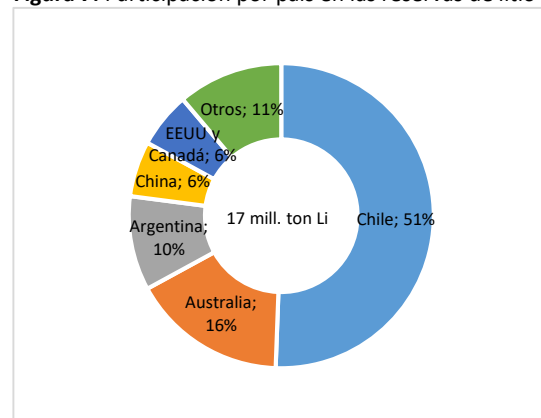
Tipo	Tipos de depósitos	Part. a nivel mundial	Estado natural	Ubicación mayores depósitos
Pegmatitas	Espodumeno, petalitas, lepidolitas, amblogonita y eucryptita	26%	Roca dura (a partir de magma cristalizado bajo la superficie terrestre)	Australia, EE.UU., RDC, Canadá
Salmueras	Continental (salares), geotermales y petroleros	66%	Salmueras (arenas, agua y sales minerales)	Triángulo del litio (Chile, Argentina, Bolivia)
Rocas sedimentarias	Arcillas, toba volcánica, rocas evaporitas lacustres	8%	Rocas minerales de esmectita (arcilla) jadarita (evaporita lacustre)	EE.UU., México, Serbia (Jadar), Perú (Falchani)

Fuente: Cochilco en base a diversas fuentes de mercado.

Como se puede apreciar, los depósitos de salmueras son los más abundantes a nivel mundial. Sin embargo, los yacimientos pegmatíticos, especialmente de espodumeno, cuentan con la ventaja de estar ampliamente distribuidos a nivel mundial. En la actualidad estos dos tipos de depósitos son las dos únicas fuentes de producción de litio<sup>3</sup>.

En la figura 7 a la derecha se ilustran las reservas de litio por país de acuerdo a la clasificación del Servicio Geológico de los EE.UU. o USGS. Como vimos previamente, los reservorios de salmuera se concentran en el llamado triángulo del litio ubicado en el noreste de Chile, el noroeste de Argentina y el sur de Bolivia<sup>4</sup>, con Chile concentrando más de dos tercios de las reservas de litio provenientes de salmueras y la mitad (51%) de las reservas de litio a nivel mundial. Por otra parte, vemos que países como Australia también cuenta con amplias reservas (16%), las cuales son casi en su totalidad de pegmatitas.

**Figura 7:** Participación por país en las reservas de litio



Fuente: USGS, 2019.

<sup>3</sup> Ahora bien, cabe mencionar que actualmente American Lithium y Noram Ventures, entre otras empresas, están estudiando la explotación de litio a partir de arcillas en Nevada, EE.UU.

<sup>4</sup> Sin embargo, los recursos bolivianos presentan una concentración relativamente alta de magnesio, elemento que dificulta el procesamiento, razón por la cual sus recursos no son considerados rentables de explotar por lo que el USGS no los clasifica como reservas.

## 2. Producción por tipo de yacimiento

En la tabla 6 de más abajo se sintetiza la producción de litio a partir de las dos fuentes de las cuales actualmente es explotado. Los datos muestran que, a pesar de los mayores costos, la producción a partir de pegmatitas es la principal fuente de oferta, representando un 55% del total.

Lo anterior es fomentado por dos factores clave. Primero, un tiempo promedio de producción significativamente inferior a partir de espodumeno en relación a salares. Segundo, del espodumeno es posible pasar directamente a la producción de hidróxido, sin necesidad de pasar por carbonato como ocurre en los depósitos de salmuera<sup>5</sup>. Como vimos en el capítulo de demanda, si bien en la actualidad el carbonato sigue siendo un producto más demandado que el hidróxido, en los últimos años el hidróxido ha ganado terreno entre los productores de baterías, lo que ha impulsado su consumo.

Ahora bien, una ventaja relevante del procesamiento de litio a partir de salmueras es que requiere menos insumos. En efecto, a diferencia del tratamiento clásicamente minero de las pegmatitas (involucrando extracción, chanchado, molienda, flotación, calentamiento y lixiviación con ácido sulfúrico), el tratamiento de las salmueras es más bien de naturaleza química (evaporación y precipitación). Como consecuencia, dependiendo en parte de las tasas de evaporación e impurezas de magnesio y otros elementos en el reservorio, el procesamiento de litio a partir de salmueras tiende a resultar menos costoso.

**Tabla 6:** Clasificación de la producción de litio (2019)

Tipo	Part. nivel mundial	Método de extracción	Rango estándar* costos ('000 USD/t)		Tiempo promedio	Subproductos típicamente asociados en yacimiento
			Carb.	Hidr.		
Pegmatitas	55%	Mina subterránea o rajo abierto	8,3-9,0	6,0-9,0	1-2 meses	Estaño, tantalio y niobio
Salmueras	45%	Evaporación y precipitación	4,1-5,8	5,2-6,8	18-24 meses	Potasio, boro

\*Incluyendo *royalties* e impuestos.

Fuente: Cochilco en base a diversas fuentes de mercado.

Al 2019 Australia contribuyó casi la totalidad de la producción a partir de yacimientos pegmatíticos (86% de la categoría en 2019). La producción a partir de salmueras por su parte proviene principalmente de Chile (65% del total de la categoría en 2019) y Argentina (21%), países que actualmente sólo producen litio a partir de esta categoría (no obstante, Argentina cuenta con yacimientos de espodumeno que actualmente están en etapas de exploración temprana).

---

<sup>5</sup> Luego del bombeo extractivo de las salmueras, el agua es progresivamente evaporada en piscinas de evaporación hasta que queda una solución acuosa concentrada con cloruro de litio, magnesio y boro. Esta solución es tratada con carbonato de sodio para precipitar carbonato de litio, el cual luego es filtrado y secado.

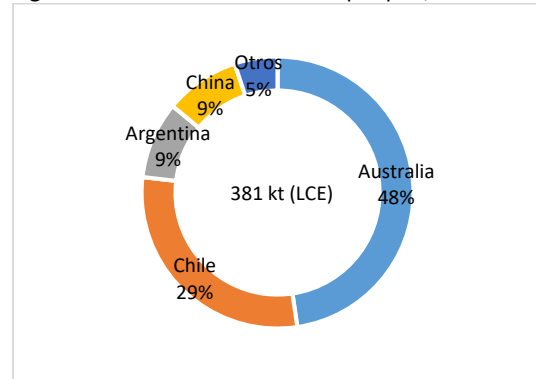
### 3. Participación de mercado

#### a. Por país

Considerando la oferta agregada de litio, vemos de la figura 8 a la derecha que Australia es el principal productor a nivel mundial, contribuyendo la mitad de la oferta mundial (48%). Le sigue Chile (29%), Argentina (9%) y China (9%).

Existen otras jurisdicciones con participaciones relativamente marginales, sumando en conjunto un 5% de la oferta agregada. En estas están Brasil, Estados Unidos, Zimbabue y Canadá.

**Figura 8:** Producción mina de litio por país, 2019

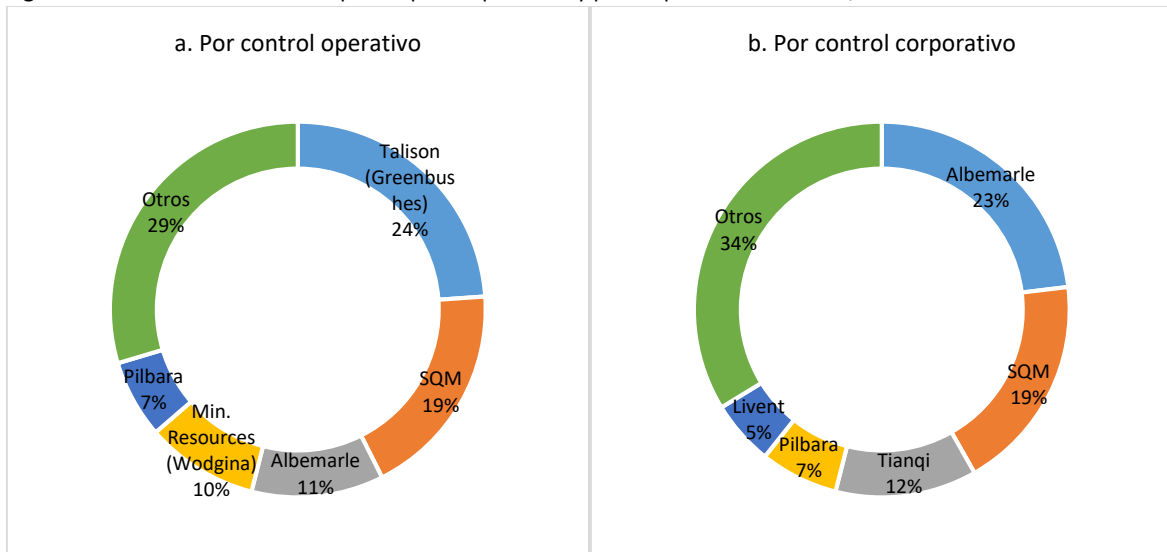


Fuente: Cochilco en base a BMI.

#### b. Por empresa

Al revisar el mercado de litio por empresa, podemos hacer dos distinciones: En primera instancia, a través de las compañías a cargo de una determinada operación. Es decir, por empresa operadora. En segunda instancia, a través de la revisión de las participaciones de las empresas controladoras sobre las compañías operadoras. Greenbushes, por ejemplo, la mayor mina de litio en el mundo, es operada por Talison Lithium, compañía que a su vez pertenece a Tianqi Lithium (51%) y Albemarle (49%). Luego, a través de la producción junto a la participación corporativa, podemos estimar la producción atribuible a cada empresa. Bajo esta óptica, en la figura 9 a continuación se grafican estas dos distinciones en la participación:

**Figura 9:** Producción mina de litio por empresa operadora y por empresa controladora, 2019



Fuente: Cochilco.

Como se puede deducir, el mercado está altamente concentrado. En efecto, en 2019 sólo cinco empresas concentraron dos tercios de la producción mina agregada con las dos primeras, Albemarle y SQM, controlando conjuntamente dos quintos del total. Esta situación contrasta enormemente, por ejemplo, con el mercado del cobre, donde en el mismo año el mayor actor mundial, CODELCO, no contribuyó más del 10% de la producción mina agregada, y se debería considerar a más de 20 empresas para alcanzar una proporción equivalente a dos tercios de la producción mina.

Vemos además que la estadounidense Albemarle lidera con cierta amplitud, posición que podría incluso acrecentar en el corto plazo dada la intención declarada de la empresa de comprar la participación de Tianqi Lithium en Greenbushes (Reuters, 2020). De concretarse, la concentración naturalmente tendería a aumentar. Ahora bien, cabe señalar que -en aras de los nuevos proyectos a desarrollarse a nivel mundial- es esperable que en el mediano y largo plazo la participación corporativa entre en una etapa de progresiva disgregación.

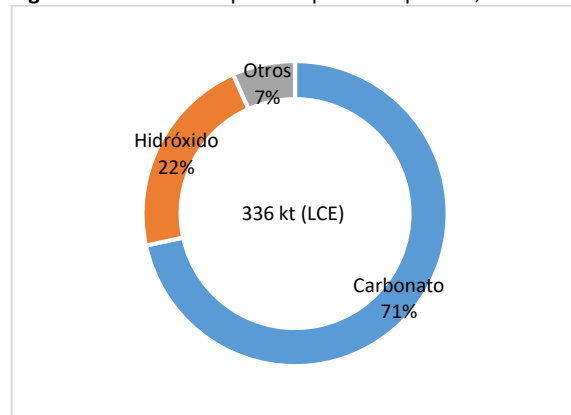
#### 4. Producción por compuesto químico

##### a. Carbonato e hidróxido

Como se puede apreciar en la figura 10 a la derecha, en 2019 el 71% de la oferta química de litio correspondió a carbonato, seguido a distancia por hidróxido con 22%.

Ahora bien, como mencionamos en el capítulo sobre demanda, la producción de hidróxido ha ganado una participación creciente en el tiempo, tendencia que se espere continúe en el futuro. Con esto, es de esperar que la producción de hidróxido supere eventualmente al carbonato, como veremos más adelante.

**Figura 10:** Producción por composición química, 2019



Fuente: Cochilco en base a BMI.

Se puede advertir de la comparación de las figuras 8 y 10 que la producción agregada de productos químicos de litio (336 kt. LCE en 2019) es inferior a la producción mina (381 kt. LCE en 2019). Esto se debe principalmente a la existencia de una producción de concentrados que no es refinada debido a almacenamiento de stocks y a la falta de capacidad de procesamiento. Esto fue particularmente relevante en 2017 y 2018 a raíz de la comercialización del llamado *Direct Shipping Ore*, o DSO, una especie de mineral de litio sin procesamiento más que un proceso inicial de molienda, en las operaciones australianas Wodgina (Mineral Resources) y Pilgangoora (Pilbara Minerals). Esta forma de concentrado ha sido típicamente adquirida por compañías chinas para su procesamiento en China. Sin embargo, dada la falta de capacidad de refinación, parte de esta producción no ha sido procesada. A raíz de esto, Tianqi Lithium y otras empresas han comenzado inversiones en plantas propias en Australia.



Por último, Roskill (2019) reporta que existen mermas productivas cercanas al 12% al procesar mineral de litio a partir de salmueras, lo que incide en los menores niveles de producción mina en relación a la producción química. Ahora bien, estos niveles de mermas son prácticamente insignificantes en varias operaciones ya establecidas, incluyendo las existentes en Chile.

### b. Producción secundaria de litio

Por otra parte, un aspecto crecientemente a favor de la oferta es la producción secundaria de litio, industria que ya ha desarrollado una capacidad relativamente importante de procesamiento. En efecto, de acuerdo a datos de Roskill (2019), en 2018 se contabilizaron 52 centros de reciclaje de baterías de ion-litio, 24 de estas en China. En Europa y Estados Unidos la mayor parte de los centros son negocios separados mientras que en Asia están relativamente integrados. En China en particular están conectados a fabricantes de baterías y autos eléctricos.

Con todo, el futuro de la industria se prevé auspicioso conforme el uso de electrónicos y autos eléctricos aumente, y con ello exista una mayor disponibilidad de baterías de ion-litio potencialmente disponibles para su reciclaje.

Como resultado, esperamos que el uso de litio reciclado crezca desde menos de 10 kt. LCE en 2018 a sobre las 100 kt. LCE a partir de 2028. Esto implicaría que el litio secundario pasaría de representar un 3% de la demanda agregada en 2018 a más de un 7% hacia fines de la década. Ahora bien, cabe señalar que, tal como ocurre con otros metales, la evolución de los precios así como los costos de procesamiento será los principales *drivers* que afectarán la intensidad de reciclaje en el tiempo.

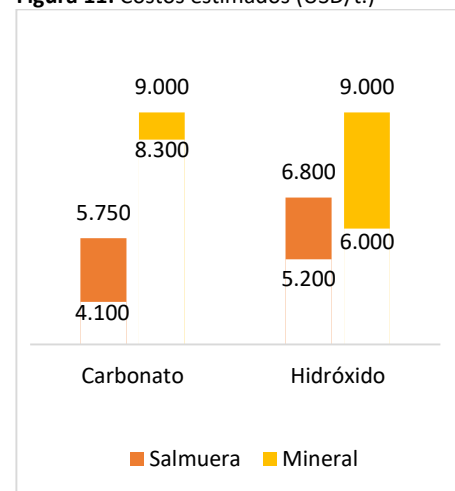
## 5. Costos de producción

### a. Rango de costos estimados

Como se ilustró en la tabla 6 y también se remarca en la figura 11 a la derecha, en general los costos de producción tienden a ser menores a partir de la producción de salmueras, tanto para el carbonato como para el hidróxido, lo que se explica por la naturaleza de trabajo generalmente menos intensiva en insumos de trabajo y capital.

Cabe señalar que en los últimos años los costos a partir de salmueras han crecido a partir de los *royalties* acordados en Chile entre CORFO y Albemarle en 2016 y posteriormente en 2018 con SQM. En paralelo, en 2018 Argentina instauró un impuesto válido hasta diciembre de 2020 sobre las exportaciones de litio. No obstante, a pesar del carácter temporal del tributo, dada la contingencia actual, existe una creciente probabilidad de que sea extendido.

Figura 11: Costos estimados (USD/t.)



Fuente: Roskill (2019).

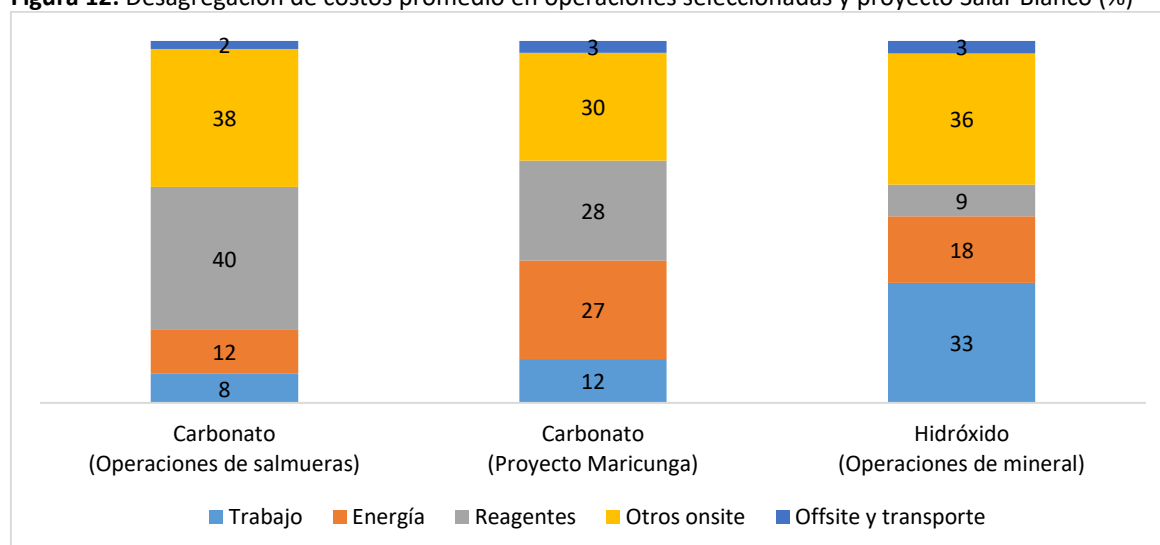
## b. Desagregación por insumo

En general las estructuras de costos varían significativamente dependiendo del tipo de operación, lo que a su vez es fruto de la naturaleza de cada tipo de yacimiento. Como mencionamos en el punto 2 de este capítulo, mientras que los depósitos de salmueras requieren de un proceso eminentemente químico para separar el litio de las sales minerales, los depósitos de mineral de roca siguen una línea productiva tradicionalmente minera, involucrando extracción, chanchado, molienda, flotación, calentamiento y lixiviación con ácido sulfúrico. Como resultado, los insumos, tiempos y costos involucrados fluctúan significativamente.

En la figura 12 se ilustra la participación en los costos productivos para el carbonato producido a partir de operaciones seleccionadas de salmueras y por separado del proyecto de Minera Salar Blanco en el Salar de Maricunga, Chile, así como del hidróxido producido a partir de operaciones seleccionadas de mineral de roca. Como se observa, los reagentes químicos tienden a ser el costo principal en las operaciones de salmueras<sup>6</sup>, mientras que en las operaciones de roca priman los costos de extracción y procesamiento del mineral (Pilbara Minerals, 2017).

Se puede advertir de la figura que existe una diferencia sustancial en los costos de energía entre las operaciones de salmueras y el proyecto del Salar de Maricunga. Esto se atribuye a que en la primera categoría estamos incluyendo a varias operaciones chinas cuyos costos energéticos son particularmente altos. Sin embargo, las operaciones ya consolidadas de Chile y Argentina cuentan con costos energéticos relativamente similares a los estimados en el proyecto del Salar de Maricunga.

**Figura 12:** Desagregación de costos promedio en operaciones seleccionadas y proyecto Salar Blanco (%)



Fuente: Cochilco en base a S&P Global Market Intelligence (2020) y Lithium Power International (2019).

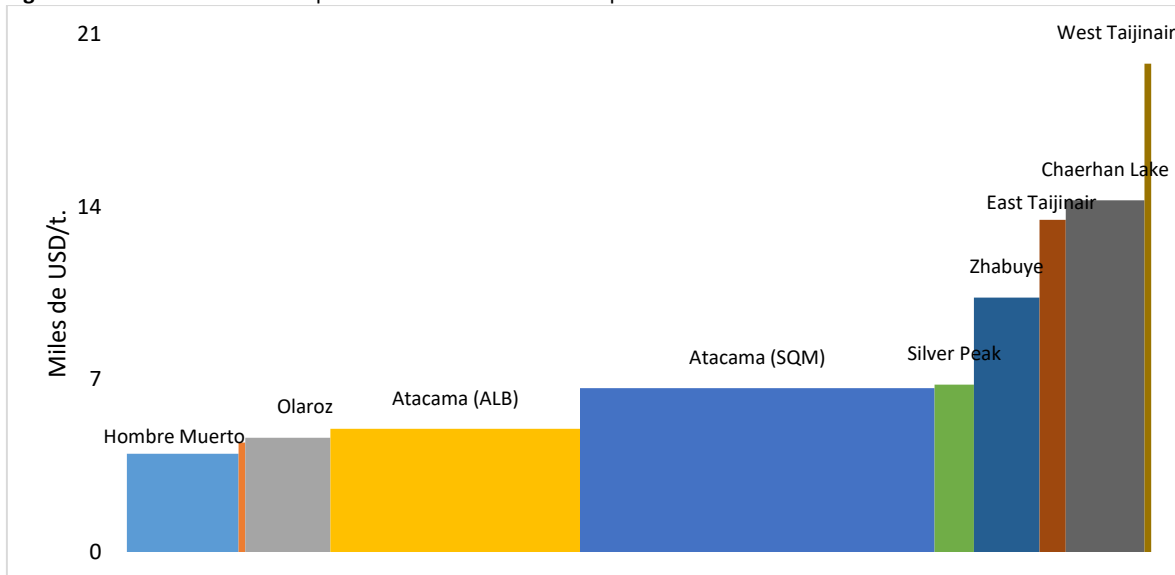
<sup>6</sup> De acuerdo a estimaciones de Lithium Power International para su proyecto Salar Blanco en Maricunga, más del 90% de los costos químicos corresponden a soda caustica, considerando que para producir una tonelada de carbonato de litio se requieren unas 2,3 toneladas de soda cáustica (Lithium Power International, 2019).

### c. Operaciones de salmueras

Por último, podemos ordenar a las operaciones de litio según sus costos estimados y producción. En esta oportunidad, dada la falta de datos suficientes para las operaciones de mineral de roca, sólo consideraremos la producción de carbonato a partir de operaciones seleccionadas de salmueras.

Estas estimaciones se ilustran en la figura 13 más abajo. En general, vemos que los costos de las principales operaciones de Argentina, Chile y EE.UU. son relativamente similares, mientras que las operaciones chinas tienen costos significativamente superiores. Esto se debe en gran parte a un mayor gasto energético, lo que a su vez se explica parcialmente por condiciones menos favorables de evaporación y un mayor grado de impureza en los salares (para una revisión en mayor detalle sobre este punto, se puede revisar la sección 2.c del Anexo).

**Figura 13:** Costos estimados de producción de carbonato en operaciones de salmueras seleccionadas



Fuente: Cochilco en base a estimaciones de S&P Global Market Intelligence.

Con todo, se debe hacer hincapié en que en estas últimas dos figuras no estamos incluyendo los costos por *royalties* e impuestos, cuestión que ha tenido un impacto mediático particularmente alto a raíz de los tributos aplicados en Chile y Argentina. Sobre este punto cabe señalar que –como *royalties* aplicados se han impuesto sobre el precio de venta o bien el valor de las exportaciones– se ha dado un fuerte incentivo a reducir en la medida de lo posible los costos operativos, a fin de aumentar en mayor medida el margen final para el productor. Lo anterior ha sido desde luego asistido por una tendencia a la baja en los precios internacionales de la soda cáustica desde mediados de 2019 en adelante, situación que ha permitido a los productores de Chile y Argentina lidiar de mejor forma con la caída en los precios.

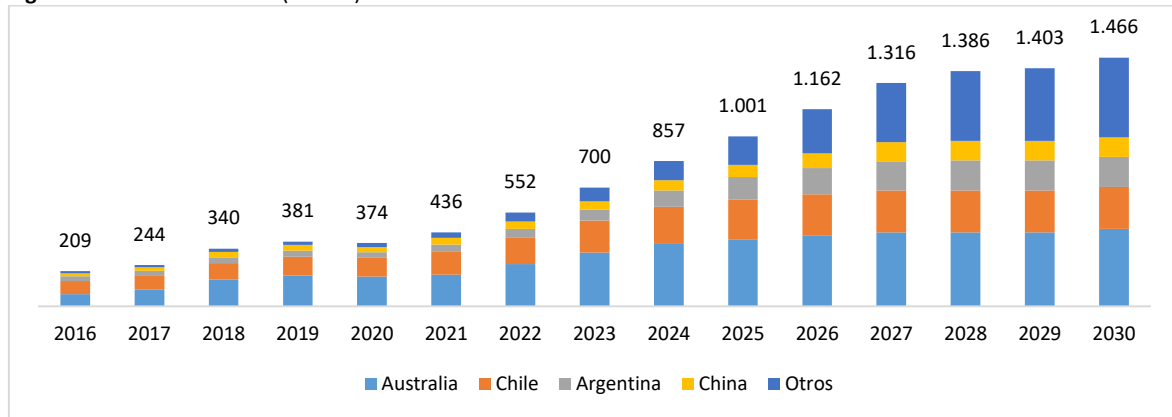
## 6. Proyección de la producción de litio mina al 2030

### a. Producción mina por país

A fin de estimar la producción mina por país, consideramos la proyección realizada por BMI para cada operación de litio actualmente operando o con entrada probable o posible de operar en los próximos años. Para el caso de la producción de las operaciones chilenas, contamos con proyecciones propias de acuerdo a los comportamientos históricos de los dos productores nacionales, SQM y Albemarle, junto a la producción esperada y ajustada para posibles nuevos proyectos.

Los resultados de estas proyecciones se ilustran en la figura 14 a continuación:

**Figura 14:** Producción mina (kt. LCE)



Fuente: Cochilco en base a BMI.

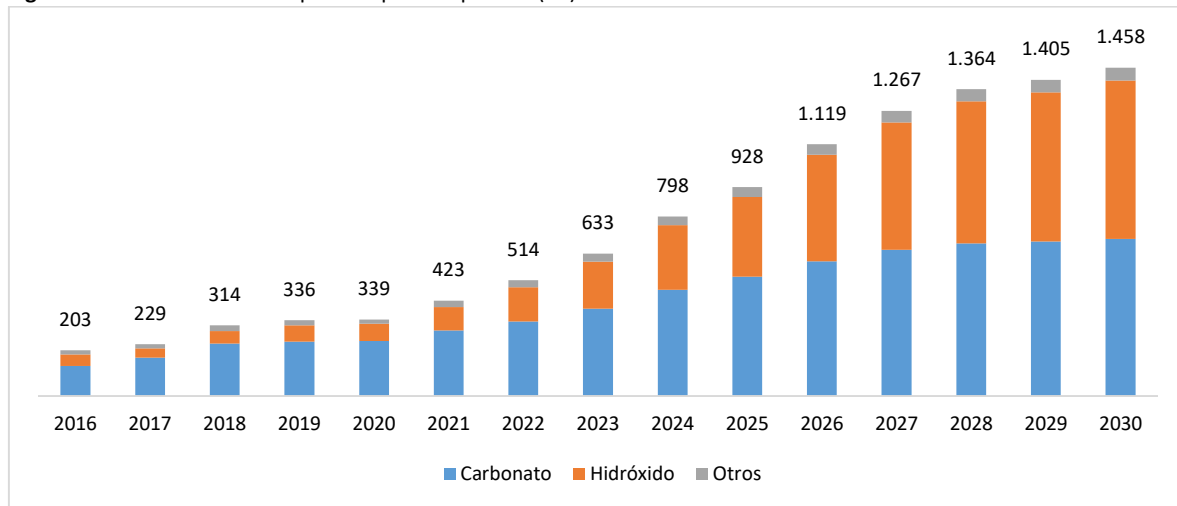
De la figura anterior se desprende que los cuatro principales países productores tendrán incrementos absolutos en su producción. Ahora bien, a nivel relativo, tanto Australia como Chile mantendrían los dos primeros lugares en producción pero con participaciones menores. En efecto, Australia reduciría su participación desde un 48% en 2019 a un 31% en 2030, mientras que Chile pasaría de un 29% a un 17% entre los años considerados. Lo anterior se explica por la creciente contribución de países que actualmente no cuentan con una producción particularmente importante de litio, tales como Estados Unidos, Canadá y Zimbabue, que elevarían su producción en al menos diez veces por sobre sus niveles actuales.

## b. Producción por compuesto químico

Históricamente el carbonato de litio ha sido el compuesto químico más demandado para la fabricación de baterías de ion-litio. Sin embargo, a medida que los fabricantes privilegian las fabricaciones con mayor uso de níquel, el carbonato progresivamente ha ido perdiendo terreno frente al hidróxido. En efecto, mientras que en 2019 la producción de carbonato triplicó a la de hidróxido, ya para fines de la década se espera que el hidróxido sea el compuesto de mayor producción con un 49% del total, y un 48% para el carbonato.

Con todo, es importante tener en cuenta que ambos compuestos seguirán creciendo significativamente en su producción y consumo, pero la tendencia gradual de los fabricantes por el hidróxido hace relativamente más favorables las operaciones de mineral de roca en desmedro de los reservorios de salmueras. En parte por estos motivos, algunos de los fabricantes de litio a partir de salmueras -como SQM en Chile- están invirtiendo en una mayor capacidad de conversión a de carbonato a hidróxido o bien apostando directamente en proyectos de roca en nuevas jurisdicciones.

**Figura 15:** Producción de litio por compuesto químico (kt.)



Fuente: Cochilco en base a BMI.

## c. Principales proyectos

Analizando el crecimiento en la producción mina con mayor detención, vemos que una serie de nuevos proyectos y expansiones sustentan el rápido crecimiento. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la materialización de las expansiones y nuevos proyectos dependerá fundamentalmente de las condiciones de mercado existentes tales como la capacidad instalada de procesamiento de concentrado de litio a partir de mineral de roca y, por su puesto, de los precios.

Desde 2018 en adelante, vemos que los precios han experimentado una tendencia bajista, situación que se ha traducido en dilación de las decisiones de inversión para la entrada de nueva producción a mediano y largo plazo. Más aun, la situación en 2020 es particularmente crítica dada la pandemia COVID-19. Esto tendría un alto impacto negativo a corto plazo para el caso de las suspensiones operativas actuales (Roskill estima una producción menor en 110 kt. LCE con respecto a lo inicialmente planificado para el año) y también a mediano y posiblemente largo plazo a raíz de las suspensiones y retrasos de proyectos y expansiones. En un contexto de precios a la baja y crecientes dificultades financieras, muchas empresas han optado por retrasar la entrada en ejecución de sus proyectos más próximos<sup>7</sup>.

Lo anterior desde luego debe ser seguido con detención, especialmente considerando que de forma histórica las proyecciones de crecimiento en la oferta (y demanda) de litio han probado resultar exageradas con el paso del tiempo. Con todo, atendiendo estas precauciones, a continuación se resumen los principales proyectos por país:

- **Australia**

Dentro de las operaciones australianas destacan Pilgangoora (operado por Pilbara Minerals) y Pilgangoora Lithium (Altura Mining), ubicados en el yacimiento de espodumeno de Pilgangoora en Western Australia. Se estima que ambos proyectos en conjunto pasaron de unas 8 kt. LCE en 2018 a cerca de 35 kt. LCE en 2019, y seguirían creciendo por sobre las 100 kt. LCE hacia mediados de la década de los '20. De igual forma se debe considerar a Greenbushes (Talisson Lithium). Esta operación, por lejos la mayor mina de litio del mundo, ya ha incrementado gradualmente su producción en los últimos cuatro años y se espera que pase desde unas 90 kt. LCE en 2019 a cerca de 150 kt. LCE a mediados de la década.

Por otra parte, también existen proyectos nuevos que se espera entren en producción dentro de los próximos tres años. De estos destacan Finnis (propiedad de ASX), Wodgina (Albemarle y Mineral – Resources –este proyecto ya contaba con producción pero fue suspendido a fines de octubre de 2019 a raíz de los precios a la baja) y Mount Holland (SQM y Westfarmers), cuya decisión de inversión fue aplazada para el primer trimestre de 2021 a la espera de mejoras en el diseño del proyecto que permitan disminuir los costos. Esperamos que en conjunto estos tres proyectos contribuyan alrededor de 75 kt. LCE a mediados de la década.

Por otra parte, están otras operaciones ya consolidadas como Mount Cattlin (operado por Galaxy Resources) y Mount Marion (Mineral Resources), que mantendrían sus niveles actuales o bien verían incrementos relativamente moderados en relación a su producción presente.

---

<sup>7</sup> De igual forma, otras empresas han buscado la venta de algunos de sus activos a fin de resolver sus obligaciones financieras. Este es el caso de Tianqi, que tras su entrada a la propiedad de SQM por USD 4.100 millones, ha estado constreñida por altas deudas con el Banco estatal Citic de China, y actualmente está evaluando la venta de su participación en Greenbushes o SQM.

Ahora bien, se debe mencionar que varias de las operaciones australianas están siendo especialmente golpeadas por el impacto económico de la pandemia COVID-19. En efecto, Roskill (2020) estima que Australia tendrá pérdidas productivas de unas 58 kt. LCE con respecto a lo planificado para 2020 (es decir, el 53% del total de una producción mundial inferior en 110 kt. en 2020). Esto se atribuiría mayormente a que Pilbara Minerals y Galaxy Resources han ejecutado reducciones productivas en Pilgangoora y Mt. Cattlin respectivamente.

- **Argentina**

Argentina actualmente cuenta con dos operaciones productivas a partir de salmueras: Una en el Salar del Hombre Muerto (operada por Livent) y la otra en el Salar de Olaroz (Orocobre). Dada la contingencia actual, la producción de ambas ya se ha visto mermada. Mirando hacia el futuro, si bien se esperan aumentos productivos en estas operaciones durante los próximos años, los principales incrementos en la producción mina provendrán de nuevos proyectos, destacando Caucharí/Olaroz (Lithium Americas), Centenario Ratones (Eramet) y Sal de Vida (Galaxie Resources). Estos tres proyectos en conjunto aportarían unas 50 kt. LCE entre mediados y fines de la década.

Ahora bien, cabe señalar que tanto las expansiones de las operaciones actuales como los nuevos proyectos, incluso aquellos en etapas relativamente avanzadas, están sujetos a una incertidumbre particularmente alta dada la crisis económica global. Sin ir más lejos, entre febrero y abril de 2020 se cuentan una serie de anuncios que retrasarían drásticamente la oferta futura del país: Livent advirtió una expansión más lenta a lo proyectado en el Hombre Muerto, Orocobre suspendió temporalmente la expansión en Olaroz (aunque recomenzó de forma parcial a fines de abril), Galaxy Resources suspendió todos los servicios no-esenciales en el desarrollo de Sal de Vida y Eramet suspendió indefinidamente su proyecto Centenario-Ratones.

- **Brasil**

Brasil actualmente cuenta con la operación de Mibra (operado por AMG), con una producción de unas 6 kt. LCE en 2019, que se espera llegue a cuadruplicarse a mediados de la década. De igual forma, se espera que prontamente entre en operación el proyecto de Xuxa (Sigma Lithium), que alcanzaría una producción de 25 kt. o más LCE hacia mediados de la década. Gracias a estas dos operaciones junto a otros proyectos relativamente menores, Brasil se convertirá en un productor de litio a gran escala en los próximos años.

- **Canadá**

Actualmente Canadá no cuenta con una producción a gran escala de litio. Sin embargo, es altamente probable que esta situación cambie significativamente en los próximos años dadas sus reservas y el estado de avance de sus proyectos. En particular, destacan las minas de Abitibi (operada por North American Lithium) y Whabouchi (Nemaska Lithium), ambos en la provincia de Quebec, que en conjunto pasarían a tener una producción por sobre las 40 kt. LCE hacia fines de la década.

De un modo similar a Brasil, aunque probablemente de manera más tardía, Canadá se transformaría en un productor a gran escala en los próximos años. Sin embargo, existe una alta incertidumbre sobre la temporalidad de materialización de estos proyectos. Nemaska Lithium anunció a fines de enero de 2020 que Whabouchi, tendría demoras en su construcción por sobre lo proyectado debido a falta de opciones de financiamiento. Mientras tanto, Abitibi, que tuvo producción parcial en 2018 y parte de 2019, se encuentra detenido desde el año anterior a partir de las restricciones financieras de su operador North American Lithium.

- **Chile**

En Chile destacan por supuesto las dos grandes operaciones en el Salar de Atacama en Chile, el mayor reservorio de litio en forma acuífera a nivel mundial. Estas son Salar del Carmen (operada por SQM) y La Negra (Albemarle), que, dadas las expansiones previstas, en conjunto doblarían su producción ya a partir de 2025 desde unas 100 kt. LCE en 2019. Igualmente, es posible que en los próximos años se comience a explotar litio en el Salar de Maricunga, opción que actualmente es estudiada por Codelco y Minera Salar Blanco.

De un modo similar a lo ocurrido en otras jurisdicciones, las expansiones y proyectos están sujetas a la contingencia económica de alta incertidumbre. En este contexto, en abril de 2020 Albemarle anunció atrasos parciales en la expansión de su planta de carbonato (La Negra III y IV, lo que se suma al aplazamiento de estudios de La Negra V y VI anunciado a fines de 2018 citando que evaluarían las expansiones en sus planta de carbonato dado que anticipaban una mayor demanda a lo inicialmente proyectado para el hidróxido) a raíz de atrasos en la importación de equipos. Para SQM en cambio, no se han reportado variaciones materiales en su producción a raíz del impacto de la pandemia al menos hasta abril de 2020. Igualmente, la empresa ha reportado cambios formales pero sí anunció que podrían revisar a la baja su plan de gasto del año 2020 por USD 330 millones, lo que podría afectar el desarrollo de sus proyectos de litio.

- **China**

China ya cuenta con varias operaciones productivas de litio tanto a partir de salmueras como de mineral de roca que en conjunto aportaron alrededor de 34 kt. LCE en 2019. Sin embargo, ninguna destaca por sobre el resto por contar con una alta producción actual. A futuro sí se puede poner en relieve la operación de Qarhan (Qinghai Salt-Lake – BYD), que produciría unas 25 kt. LCE hacia fines de la década. Asimismo, existe una gran cantidad de proyectos nuevos en distintas etapas de desarrollo que de forma conjunta implicarían un alto crecimiento en la oferta. Con todo, se espera que China pase a producir por sobre las 100 kt. LCE hacia fines de los años '20s, en efecto triplicando su producción actual.



- **Otros**

México cuenta con el proyecto de Sonora (Bacanora Minerals), ubicado en el estado homónimo en el norponiente de México. Actualmente se encuentra en etapa de pre-producción y se estima que aportaría alrededor de 35 kt. hacia mediados de la década

Por otra parte, debemos destacar que Serbia cuenta con el yacimiento de Jadar (Río Tinto) que, a partir de la explotación inédita de mineral de jadarita, podría significar una producción de 100 kt. LCE hacia fines de la década. Ahora bien, el desarrollo de este proyecto aún está en etapa temprana por lo que su materialización y temporalidad de la misma presenta un mayor grado de incertidumbre. Un caso similar puede plantearse para las minas de Arcadia (Prospect Resources) y Kamativi (Zim Lithium y Jimbata) en Zimbabue, que potencialmente aportarían por sobre las 50 kt. LCE hacia fines de la década, pero su materialización aún es motivo de alta incertidumbre.

## IV. Balance y precios

### 1. Balance químico 2016-2030

En la tabla 7 más abajo se ilustra el balance de mercado pasado a partir de 2016 y estimado hasta el 2030 en base a las proyecciones de demanda y oferta química de compuestos de litio revisadas en los capítulos anteriores. Como se puede apreciar, durante los años 2016 y 2017 el mercado se encontró en déficit, lo que, junto a las expectativas de un crecimiento exponencial en electro-movilidad, se tradujo en un impulso a alza en los precios durante el periodo. Ahora bien, con la entrada en operación de nuevos proyectos sumado a un impulso de la electro-movilidad menor a lo estimado, en adelante se vieron leves superávits de oferta de unas 17 mil toneladas LCE en 2018 y unas dos mil en 2019.

Para 2020 se espera un nuevo superávit principalmente asociado a la crisis económica mundial por la pandemia COVID-19, cuyo impacto –como vimos- se espera golpee las ventas de autos eléctricos. Por ahora esperamos que este efecto no se prolongue a largo plazo, con lo cual las ventas de este segmento y consecuentemente la demanda agregada de litio se recuperaría durante 2021. En tal caso, podríamos ver un ligero déficit de mercado.

Yendo más lejos aún, entre 2023 y 2026 esperamos que exista un creciente superávit a medida que se integran en operación nuevos proyectos y expansiones. Sin embargo, ya a partir de mediados de la década la oferta agregada crecería a tasas menores que la demanda, con lo cual el mercado entraría en déficit en sus dos compuestos químicos principales. Dada esta situación, los precios tenderían al alza, lo que conduciría a la entrada en operación de nuevos proyectos.

**Tabla 7:** Balance de demanda y oferta química de litio, 2016-2030f

Categoría	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
<b>Demanda (kt LCE)</b>	<b>204</b>	<b>246</b>	<b>288</b>	<b>323</b>	<b>317</b>	<b>429</b>	<b>497</b>	<b>580</b>	<b>679</b>	<b>839</b>	<b>985</b>	<b>1.157</b>	<b>1.357</b>	<b>1.573</b>	<b>1.793</b>
Vehículos eléc. (kt LCE)	37	58	85	102	75	176	233	303	394	540	671	828	1.011	1.209	1.416
Otros (kt. LCE)	167	188	203	221	242	254	265	277	286	299	314	329	346	364	377
<b>Oferta (kt. LCE)</b>	<b>195</b>	<b>222</b>	<b>304</b>	<b>324</b>	<b>327</b>	<b>407</b>	<b>492</b>	<b>603</b>	<b>758</b>	<b>880</b>	<b>1.056</b>	<b>1.193</b>	<b>1.281</b>	<b>1.318</b>	<b>1.367</b>
Carbonato (kt.)	133	170	233	241	243	291	330	387	472	530	599	650	678	686	698
Hidróxido (kt.)	51	42	55	73	78	104	153	210	286	354	472	566	632	664	703
Otros (kt.)	18	18	26	22	18	28	31	36	39	43	48	52	54	55	57
<b>Balance</b>	<b>-10</b>	<b>-24</b>	<b>17</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>-22</b>	<b>-5</b>	<b>23</b>	<b>79</b>	<b>41</b>	<b>71</b>	<b>35</b>	<b>-76</b>	<b>-255</b>	<b>-426</b>

Nota: Sin incluir conversión a partir de stocks. Fuente: Cochilco.

### 2. Evolución reciente del precio del litio

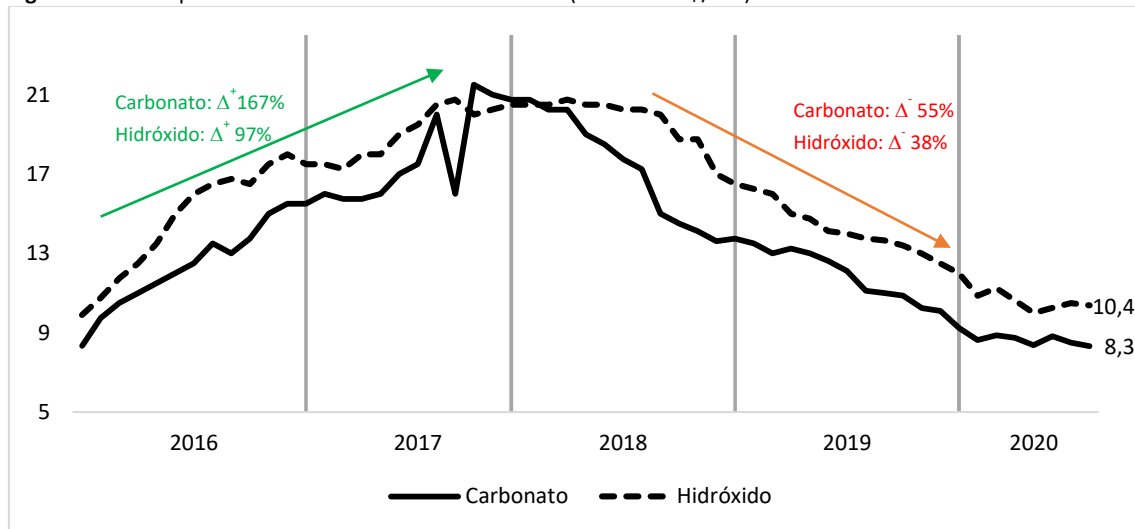
Como se ilustra en la figura 16, luego de un rápido crecimiento por la demanda durante el periodo 2016-2017 acoplado de promisorias expectativas, en los últimos años el precio del litio ha presentado una persistente tendencia a la baja tanto en carbonato como hidróxido. En efecto, según datos de las transacciones en Asia computadas por S&P Global Market Intelligence, desde diciembre de 2015 a diciembre de 2017 los precios promedio estimados de carbonato y del hidróxido pasaron

de crecer un 167% y 97% a caer un 55% y 38% respectivamente entre diciembre de 2017 y diciembre de 2019.

Mientras que el alto crecimiento en los precios registrado entre 2016 y 2017 se explica mayormente por las altas expectativas en el crecimiento de las ventas de autos eléctricos, los factores de la caída subsecuente se atribuyen a varios fundamentos de mercado. Entre los principales factores se puede destacar a los siguientes:

- La entrada en operación de proyectos y expansiones con un importante volumen de producción, especialmente en Australia, han generado un superávit de oferta
- La continua desaceleración de China, el mayor consumidor y productor de litio a nivel mundial, ha inducido menores expectativas en ventas de autos eléctricos
- La amenaza de reducción de China de sus subsidios a los autos eléctricos ha conducido a un menor crecimiento en las ventas y, consecuentemente, a una menor demanda de litio

Figura 16: Precio promedio del carbonato de litio en Asia (miles de US\$/ton)



Fuente: Cochilco en base a S&P Global.

Durante comienzos de 2020 esta tendencia decreciente en los precios se vio acentuada tras el brote del virus COVID-19, cuyo impacto económico se hizo sentir tempranamente en China y luego, como sabemos, en el resto del mundo. Tal como hemos visto, esta situación ha conllevado a menores expectativas en el crecimiento de la demanda por autos eléctricos y artículos electrónicos en general, lo que naturalmente se traduce en un menor consumo de litio a nivel global.

Ahora bien, este impacto temprano también se hizo sentir en prácticamente todos los grupos de materias primas y *commodities* industriales, lo que a su vez derivó en impactos aún mayores para el litio. Una ejemplificación de lo anterior fue que, a raíz de la crisis, la demanda del petróleo comenzó a decaer paulatinamente. Ante esto, Arabia Saudita propuso a la OPEC reducir la producción a fin de mantener los precios en niveles moderados. Sin embargo, Rusia se negó, lo que condujo a una abrupta caída en los precios. Como mencionamos previamente (véase tabla 4), un menor precio del

petróleo aminora en el corto plazo los costos de producción pero a largo plazo eleva el costo relativo del uso de autos eléctricos en relación a los automóviles de combustión interna, situación que, de prolongarse, puede empujar aún más a la baja al precio del litio. En lo inmediato, la crisis petrolera acrecienta la incertidumbre económica, lo que se deprime aún más la inversión minera en economías emergentes y presiona aún a la baja los precios de litio.

De esta forma, tras el impacto directo sobre expectativas significativamente menores en el crecimiento de la electro-movilidad dado el impacto directo de la pandemia COVID-19, los precios de compuestos de litio han experimentado una baja sustantiva en los primeros meses de 2020.

Dada la alta volatilidad comercial y financiera aún imperante, se hace difícil estimar el impacto a mediano y largo plazo de la crisis. Sin embargo, en línea con nuestras proyecciones para otros mercados y observando el comportamiento de China, que pareció rebotar con relativa rapidez tras un negativo impacto económico durante el primer trimestre de 2020, esperamos que la demanda agregada de litio en general logre repuntar a partir de 2021. Ahora bien, esto dependerá naturalmente de la evolución de la pandemia en el mundo<sup>8</sup>, y la capacidad fiscal y financiera mundial de dar respuesta a la crisis.

---

<sup>8</sup> Aún no es claro en qué punta se encontrará un tratamiento efectivo o una vacuna preventiva, o bien si habrá varias olas de contagios que podrían prolongar significativamente la crisis.

## V. Anexos

### 1. Auge de la electro-movilidad:

Atendiendo al alto impacto de la contaminación automotriz<sup>9</sup>, las principales economías del mundo han tendido crecientemente a privilegiar el uso de automóviles no-contaminantes o de bajas emisiones<sup>10</sup> que vayan reemplazando a aquellos de combustión interna, cuyo funcionamiento se basa en el uso de combustibles fósiles.

Si bien existe una amplia gama de posibilidades en automóviles de bajo nivel de emisiones, aquellos que más han destacado por su rápido crecimiento han sido los vehículos eléctricos. Estos a su vez se pueden dividir en dos grandes categorías: autos eléctricos a batería (BEV por sus siglas en inglés), que funcionan sólo en base a baterías, y autos eléctricos híbridos (PHEV), que combinan baterías con motores de combustión interna.

La popularidad de este tipo de vehículos ha crecido rápidamente debido en gran parte a la implementación de políticas a nivel estatal, incluyendo subsidios a consumidores y fabricantes así como metas de ventas e incentivos tributarios para los fabricantes. En paralelo, la tecnología de producción ha aumentado a través de incrementos en la autonomía de la batería y progresivas reducciones en su costo, lo que ha inducido a menores costos marginales de producción.

Como resultado, las ventas de autos eléctricos alcanzaron las 2,2 millones de unidades en 2019, representando el 2,5% de las ventas totales. Si bien esta participación en principio parece baja, se debe considerar que ha aumentado progresivamente desde menos de un 1% sólo en 2016. Ahora bien, como veremos a continuación, la penetración de mercado varía significativamente dependiendo del país considerado.

#### a. Principales jurisdicciones

Varios estados de las principales economías del mundo progresivamente han desarrollado políticas públicas para limitar las emisiones de gases de efecto invernadero. Estas regulaciones, que varían en sus plazos, obligatoriedad y aplicación, han funcionado de la mano de subsidios al consumo y creación de infraestructura de carga a fin de incentivar el uso de vehículos no-contaminantes.

Con todo, es indudable que el impulso estatal al uso de vehículos no-contaminantes también responde a la aspiración de varias economías del mundo de contar con una industria automotriz que sea una fuente de desarrollo y crecimiento económico. Esta tendencia es particularmente

---

<sup>9</sup> De acuerdo a la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. (2019), el 14% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero se atribuyen al sector de transporte. La mayor parte de estas emisiones corresponden a CO<sub>2</sub> y prácticamente la totalidad (95%) de la energía consumida por el sector proviene de combustibles fósiles, principalmente gasolina y diésel.

<sup>10</sup> Existen varias denominaciones para este tipo de vehículos. En EE.UU. se utiliza mayormente la expresión *Zero Emission Vehicles* (o ZEV), mientras que en China se habla de vehículos de nuevas energías (*New Energy Vehicles* o NEV).

fuerte en China, país donde se han desarrollado una serie de incentivos estatales para promover la fabricación y el consumo de autos eléctricos o de nuevas energías.

Como resultado de lo anterior, el uso de los autos no contaminantes o de bajas emisiones varía enormemente entre jurisdicciones de acuerdo a las políticas estatales adoptadas así como al desarrollo de su industria automotriz. En la tabla 8 a continuación se puede observar como la penetración de mercado de los autos eléctricos varía significativamente entre las principales economías del mundo.

**Tabla 8:** Penetración de mercado (%) de autos eléctricos en jurisdicciones seleccionadas, 2016-2019:

<b>País</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
China	1.5%	2.1%	4.2%	5.5%
Estados Unidos	0.9%	1.1%	2.1%	1.9%
California	3.6%	4.8%	7.8%	7.7%
Europa	1.3%	1.7%	2.5%	3.6%
Reino Unido	1.4%	1.9%	2.3%	2.9%
Alemania	1.1%	1.6%	1.9%	2.9%
Francia	1.4%	1.7%	2.1%	2.6%
Japón	0.4%	1.1%	1.0%	0.8%
Corea del Sur	0.4%	0.9%	1.8%	1.9%
<b>Promedio mundial</b>	<b>0.9%</b>	<b>1.3%</b>	<b>2.1%</b>	<b>2.5%</b>

Fuente: Cochilco en base a datos de InsideEV, CleanTechnica, Reuters y otras agencias de mercado.

A continuación revisaremos brevemente las políticas adoptadas en las tres mayores economías: EE.UU, la Unión Europea y China.

- **Estados Unidos**

Si bien Estados Unidos no cuenta con un plan de reducción de emisiones a nivel federal o nacional<sup>11</sup>, varios de sus estados cuentan con planes de reducción. Dentro de estos, California ha sido el pionero, estableciendo sus primeras regulaciones en 1990. En los últimos años, al menos una decena de otros estados han adoptado el programa de California y actualmente representan más de un tercio del mercado automotriz estadounidense.

En términos generales, estos programas establecen un sistema de créditos mínimos que debe cumplir cada fabricante automotriz, los que a su vez se otorgan a partir de porcentajes mínimos de venta de vehículos según el grado de contaminación que emitan. Estos van creciendo anualmente con penalidades monetarias en caso de incumplimientos. A partir de lo anterior, California ha adoptado la meta de evitar la venta de vehículos de combustión interna al 2040.

<sup>11</sup> De hecho, el presidente del país, Donald Trump, se ha manifestado en repetidas ocasiones a favor de fortalecer la industria nacional de automóviles de combustión interna a pesar de las mayores emisiones.

- **China**

En 2017 China estableció su llamado programa de Vehículos de Nuevas Energías (*New-Energy Vehicle*, como típicamente son conocidos en inglés) para autos livianos. Con algunas similitudes a California, el programa establece metas porcentuales anuales de obtención de créditos basados en la venta de autos no-contaminantes. Los créditos que una empresa tenga exceso pueden ser vendidos a otras compañías y aquellos que no logren cumplir con las metas puede conducir a limitaciones estatales a su producción y venta.

En paralelo, en 2016 China comenzó un ambicioso programa de subsidios por cinco años para la fabricación de NEV. Sin embargo, ya a mediados de 2019 se realizaron algunas reducciones, lo que a su vez se tradujo en menores ventas en la segunda mitad del año. Con todo, China aun así obtuvo un crecimiento en sus ventas de autos eléctricos, alcanzando el 5,5% de participación en las ventas de automóviles en el país. En 2020, las autoridades chinas acotaron que el programa se mantendría durante todo el año y al menos hasta 2022.

- **Unión Europea**

En 2019 el Parlamento Europeo estableció nuevos estándares de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> para la venta de nuevos automóviles y vans desde 2021 en adelante. Con esto, al 2030 los fabricantes de vehículos livianos deberán reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> promedio en 37,5% en relación al 2021, situación que les llevará a privilegiar la venta de vehículos no-contaminantes y aquellos con bajo nivel de emisiones.

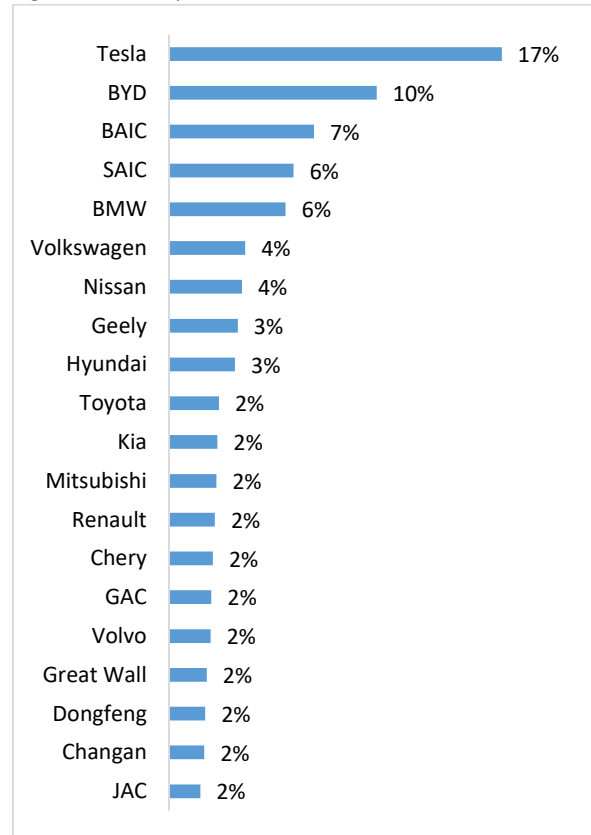
Por otra parte, a nivel individual, varios países han adoptado incentivos fiscales para impulsar el consumo de autos eléctricos así como penalidades tributarias para disminuir la venta de autos de combustión interna. Al mismo tiempo, las inversiones en infraestructura de carga también varía significativamente de país a país. Como resultado, la penetración de mercado de los autos eléctricos varía enormemente dentro de la Unión Europea, con un 0,2% en Polonia versus un 55% en Noruega. Sus tres países de mayor peso económico, Alemania, Reino Unido y Francia, cuentan con participaciones cercanas al 3%.

### b. Fabricantes de autos eléctricos

Como se aprecia en la figura 17 a la derecha, el mercado actualmente está liderado por Tesla con el 17% de las ventas (82% de las cuales correspondieron al *Tesla Model 3*, el auto eléctrico más vendido a nivel mundial), seguido de BYD con un 10%. El resto está altamente disgregado entre varias empresas, gran parte de ellas de procedencia china.

Durante 2018 y 2019, a fin de entrar de lleno en el mercado de autos eléctricos, prácticamente todos los fabricantes automotrices de Asia y Occidente anunciaron que contarían con al menos un modelo de automóvil eléctrico, sea híbrido o completo, entre los años 2020 y 2025. Sin ir más lejos, las dos mayores empresas, Volkswagen Group y Toyota Motor, comprometieron inversiones multimillonarias en Investigación y Desarrollo en sistemas eléctricos automotrices, acordaron contratos de compra de baterías con fabricantes asiáticos así como nuevos modelos de conexión eléctrica a salir al mercado dentro de los próximos cinco años (Roskill, 2019).

Figura 17: Participación en ventas de autos eléctricos, 2019



Fuente: Cochilco en base a CleanTechnica.

### c. Costos de fabricación de automóviles eléctricos versus de combustión interna

Si bien actualmente el costo de producir un vehículo completamente eléctrico es en promedio entre un 50% y 70% superior al de un automóvil de combustión interna de tamaño equivalente, las crecientes metas de reducción de CO<sub>2</sub> que enfrentan los fabricantes automotrices y de sus componentes hará que los costos comiencen a equipararse en el tiempo.

Ahora bien, el punto temporal en que comenzará a darse esta paridad en los costos es un punto de disputa. Algunas estimaciones indican que sería a fines de la presente década mientras que otras agencias, como Roskill (2020) estiman que –dados los mayores castigos monetarios a la producción de automóviles de combustión interna establecidos en algunos países- podría ocurrir hacia el 2023.

Con todo, esto dependerá de una serie de variables, incluyendo la intensidad de los impuestos a la producción de automóviles de combustión interna así como a la intensidad de los subsidios a la producción y consumo de automóviles eléctricos.



#### d. Posibles sustitutos a la electro movilidad

Si bien varios países cuentan con planes de reducción de emisiones, se debe advertir que estas no están directamente enfocadas en aumentar la penetración de los autos eléctricos sino que más bien en limitar el uso y ventas de autos de combustión interna. La diferencia es relevante en tanto se abren varias posibilidades de otros medios de transporte no directamente contaminantes.

En este contexto, se pueden considerar las baterías de potasio-ion, cuyo diseño es similar al de una batería de ion-litio pero con una fabricación potencialmente más simple y menos costosa en tanto involucra un recurso con mayor disponibilidad, como lo es el potasio en relación al litio.

En paralelo, se deben considerar las baterías de celda de hidrógeno (*fuel-cell*, en inglés), cuyo uso ya está presente en el mercado constituyendo así un riesgo de sustitución a largo plazo, pero también presente en menor grado en el mediano y corto plazo. El efecto, Toyota, Honda, Hyundai y Mercedes Benz entre otros fabricantes, ya cuentan con modelos comercializables de estos vehículos.

Ahora bien, cabe señalar que en los últimos meses el mercado se ha movido en dirección contraria al hidrógeno. En abril de 2020, en el contexto de la pandemia COVID-19, la alemana Daimler (fabricante de Mercedes Benz) reportó que, a pesar de contar con un plan de desarrollo de automóviles de pasajeros con celda de hidrógeno desde hace tres décadas, no continuaría con su programa porque era demasiado costoso, sosteniendo que la fabricación de este tipo de vehículos suponía alrededor del doble de costos que el de uno eléctrico. A raíz de lo anterior, anunció que progresivamente dejará de producir su único modelo, el GLC-F-Cell, desarrollado en 2013 en colaboración con Ford y Nissan (no obstante, estos últimos dos fabricantes nunca lanzaron modelos propios).

La conclusión de Daimler no es nueva en la industria automotriz alemana. Ya en marzo de 2020 Volkswagen publicó una comparación gráfica entre los autos a hidrógeno y eléctricos finalizando con una conclusión lapidaria: “Todo habla a favor de la batería, y prácticamente nada habla a favor del hidrógeno” (Volkswagen, 2020).

Fuera de Alemania, en noviembre de 2019 Honda suspendió su programa de desarrollo de autos hidrógeno. Sin embargo, cabe señalar que otros fabricantes como BMW, Hyundai y Toyota aún mantienen planes de desarrollo de este tipo de vehículos. Más aún, Daimler, a pesar de haber terminado su programa de autos de pasajeros a celda hidrógeno, todavía mantiene su programa para vehículos pesados, y recientemente anunció una colaboración con Volvo para impulsar su desarrollo. Esta definición se sustenta en que se considera que las celdas a hidrógeno son más propicias para camiones grandes, con espacio y capacidad suficiente para resistir el peso de las celdas (Electrek, 2020).

Por último, se debe acotar que un inconveniente adicional es que si bien estos automóviles no producen emisiones directamente, la producción de hidrógeno actual proviene en su mayor parte de la producción de gas natural, proceso que emite dióxido de carbono. No obstante, existen procesos de producción a partir de energías renovables, y es probable que estos se potencien en el futuro.

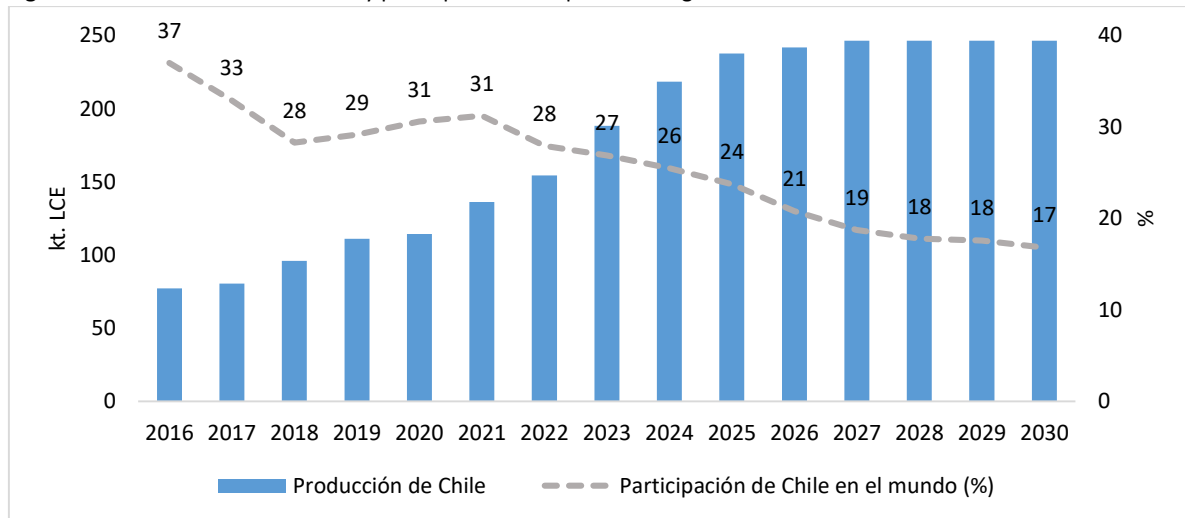
## 2. Chile en la industria del litio

### a. Importancia de la producción chilena en el mundo

Como se ilustra en la figura 18 más abajo, si bien en los últimos años la producción mina nacional ha ido en continuo aumento, la participación sobre la oferta agregada ha decrecido. En efecto, la participación ha disminuido desde un 37% en 2016 a un 29% en 2019, aun cuando la producción ha aumentado en un 30% en el mismo periodo. Más aún, hacia fines de la década se espera que la participación decaiga hasta un 17%, a pesar de que la producción nacional más que se duplicaría con respecto a los niveles actuales.

Este decrecimiento en la participación se explica fundamentalmente por la nueva producción de otros países que ha entrado en operación en los últimos años (dentro de los cuales ha destacado por cierto Australia) y proyectada hacia el futuro. Ahora bien, Chile continuará siendo un actor relevante en la industria productora de litio. Al mismo tiempo, el hecho de que actualmente sea un productor consolidado y con una extensa historia en la industria le concede la experiencia necesaria para una apropiada planificación de sus expansiones productivas.

**Figura 18:** Producción mina de Chile y participación en la producción global



Fuente: Cochilco.

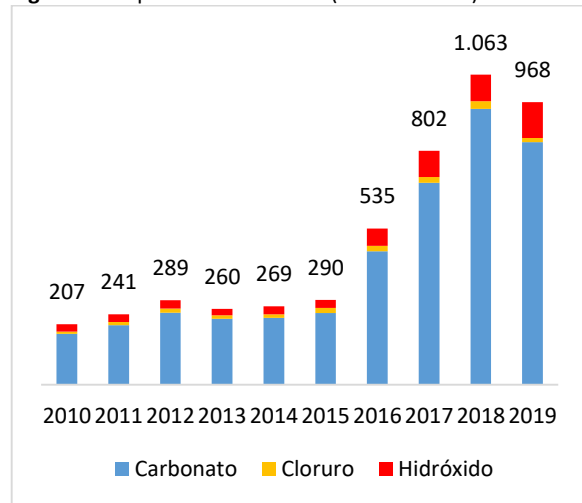
**b. Importancia de la producción chilena en Chile**

- Exportaciones de sustancias de litio**

Como se puede observar en la figura 19 a la derecha, las exportaciones de sustancias de litio han crecido sustancialmente entre los años 2015 y 2018, lo que se atribuye a un alza en los en las cantidades exportadas, una mayor pureza de los productos y especialmente en mayores precios transados a nivel mundial.

En efecto, entre el último trimestre de 2015 y el último de 2018, los precios promedio de exportación de carbonato e hidróxido de litio tuvieron crecimientos históricos del 152% y 124% respectivamente. Este es el principal factor que contribuyó a cuadruplicar las exportaciones desde 2015, llegando por sobre los mil millones de dólares hacia 2018.

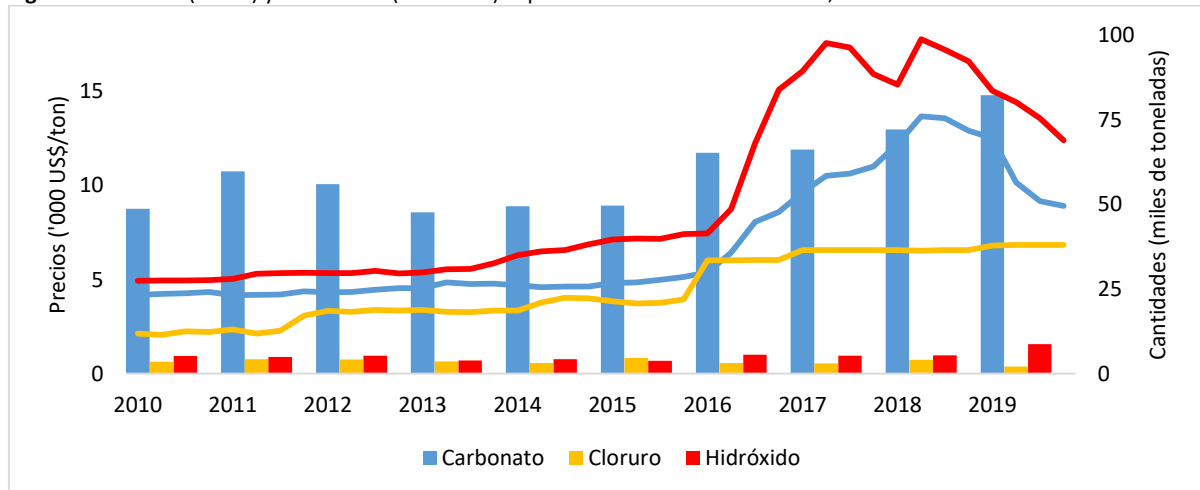
**Figura 19:** Exportaciones de litio (mill. USD FOB)



Fuente: Cochilco en base a Thomson Reuters.

En esta línea, la figura 20 más abajo ilustra este rápido crecimiento en los precios y las cantidades exportables entre los años 2010 y 2019. De esta se puede apreciar el alto crecimiento en los precios hacia el final del periodo<sup>12</sup>.

**Figura 20:** Precios (líneas) y cantidades (columnas) exportables de sustancias de litio, 2010-2019



Fuente: Cochilco en base a Thomson Reuters.

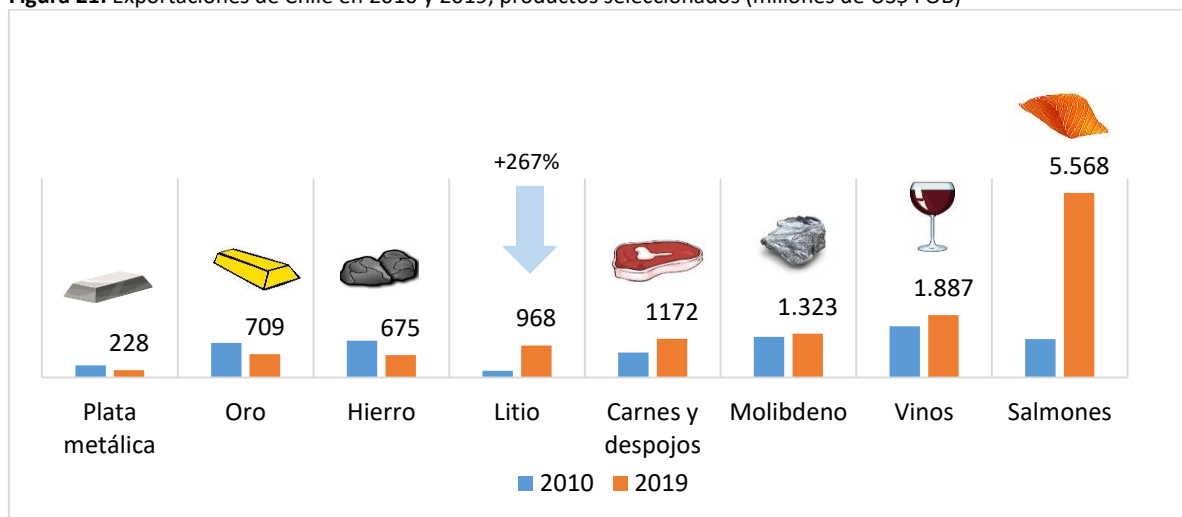
<sup>12</sup> Se debe señalar que los aumentos en los precios promedio de exportación de Chile se deben primordialmente a mejores condiciones en el mercado internacional pero también responden a mayor calidad en los productos químicos de litio exportados.

Ahora bien, en línea con las condiciones de mercado a la baja vista desde fines de 2018 en adelante, los precios promedio de exportación presentaron disminuciones progresivas durante 2019. En efecto, desde el último trimestre de 2018 al último de 2019, los precios promedio del carbonato y del hidróxido cayeron un 31% y 25% respectivamente, situación que dio pie a un menor valor FOB en exportaciones durante 2019 en relación a 2018.

- **Exportaciones de litio en relación a otros productos**

Por otra parte, podemos contextualizar la importancia del litio para Chile comparando su impacto en nuestro comercio exterior con los de otros productos exportables por nuestro país. En esta línea, en la figura 21 comparamos el valor de las exportaciones de sustancias de litio con el de algunos bienes típicamente conocidos por su importancia en nuestra balanza comercial -vinos, salmones, carnes y despojos- así como otros productos mineros -plata, oro, hierro y molibdeno<sup>13</sup> entre 2010 y 2019.

**Figura 21:** Exportaciones de Chile en 2010 y 2019, productos seleccionados (millones de US\$ FOB)



Fuente: Cochilco en base al Servicio Nacional de Aduanas y Banco Central.

De la figura anterior se ve como durante la década las exportaciones de litio se han multiplicado por casi cuatro veces su valor, lo que se explica –como vimos- por aumentos en los precios en el mercado mundial, una mayor calidad de los productos exportados (lo que a su vez permite ventas a mejores precios) y expansiones productivas en las operaciones ya existentes.

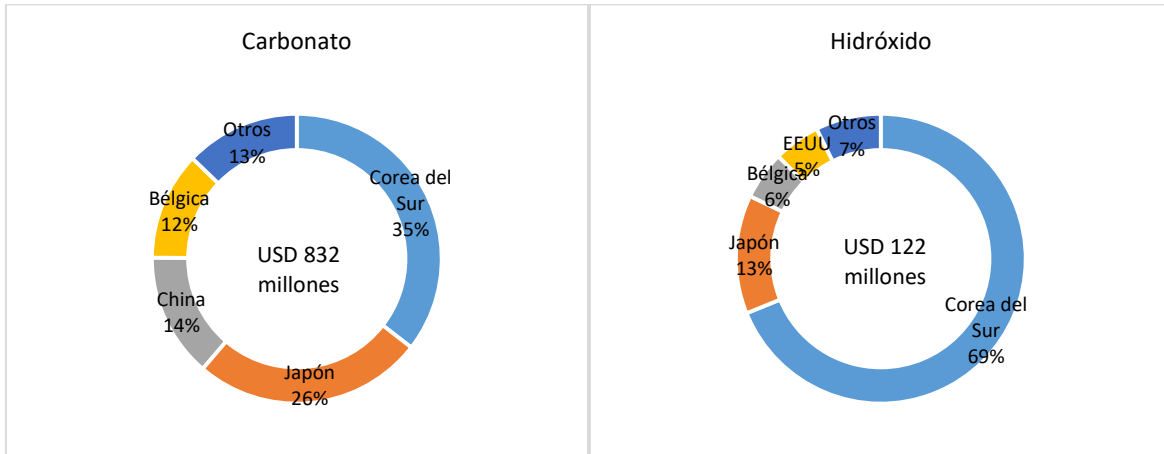
<sup>13</sup> Intencionalmente dejamos fuera al cobre dado que por sí solo concentra cerca de la mitad de las exportaciones nacionales y por ende dificulta la escala de comparación. No obstante, a modo referencial, durante 2019 las exportaciones de cobre fueron unas 35 veces más que las de litio.

- **Exportaciones de litio por destino**

La figura 22 más abajo muestra los principales países destino de nuestras exportaciones de carbonato e hidróxido de litio durante 2019. De esta vemos que Corea del Sur, Japón y China son los principales importadores de nuestros productos de litio, en conjunto representando cerca de tres cuartas partes del total.

Lo anterior se explica desde luego por el hecho de que los fabricantes de baterías de ion-litio se encuentran principalmente en el noreste de Asia, de manera que es natural que los países de esta región sean los principales importadores netos.

**Figura 22:** Exportaciones de Chile de Carbonato e Hidróxido de litio por país de destino, 2019



Fuente: Cochilco en base a información del Servicio Nacional de Aduanas.

### c. Ventajas comparativas

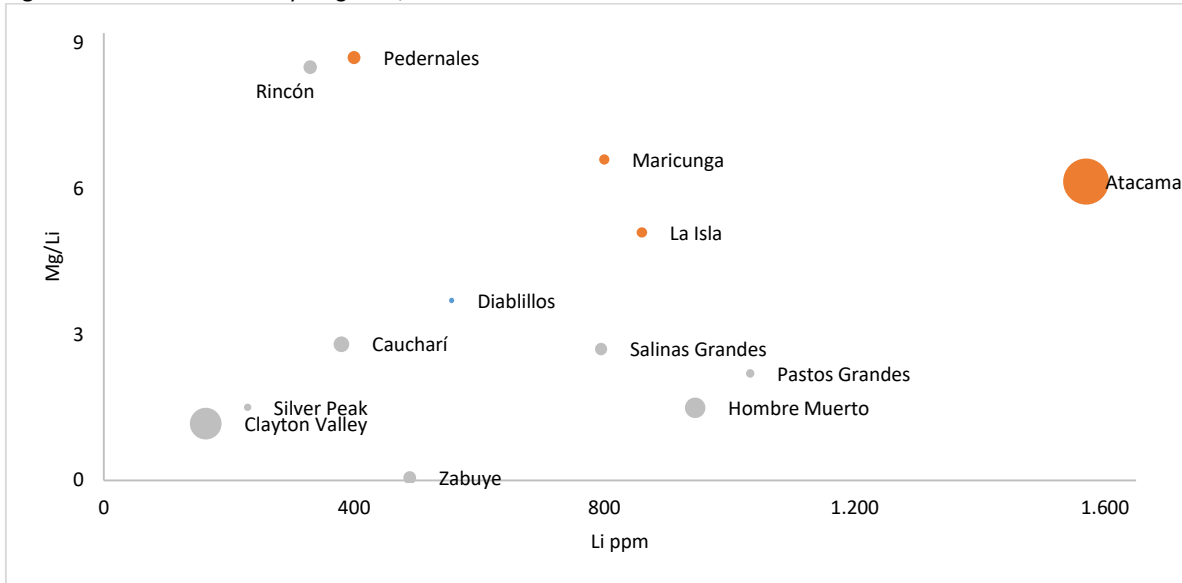
Chile cuenta con alrededor de 60 salares en el norte del país (Sernageomin, 2014), varios de ellos con un potencial alto para la producción de litio. En efecto, de acuerdo a un estudio de Sernageomin (2013), existen al menos siete salares con un potencial alto (Atacama, Aguas Calientes Centro, Pajonales, La Isla, Pedernales y Maricunga) y cuatro con potencial medio (Tara, Loyoques o Quisquierno, Aguilar y Parinas).

De estos, el Salar de Atacama, ubicado en la precordillera andina de la región de Antofagasta, es el único que es explotado en la actualidad<sup>14</sup>. Como se puede observar en la figura 23 más abajo, este reservorio cuenta con amplias ventajas comparativas en relación a otros dentro y fuera de Chile. En efecto, con una superficie de unos 1.400 km<sup>2</sup>, es una de los reservorios minerales de mayor tamaño

<sup>14</sup>El interés concreto por dicho salar se remonta a 1974, cuando CORFO y Foote Minerals iniciaron exploraciones. Ya en 1980, a través del llamado *Convenio Básico*, se formó la Sociedad Chilena del Litio, SCL, entre Foote (55%), que aportó tecnología, y CORFO (45%), que aportó parte de sus pertenencias. Como resultado, en 1984 comenzó la primera producción de las primeras cinco mil toneladas de carbonato de litio en Chile. Posteriormente, en 1989, CORFO vende su participación en SCL a Foote (es ese momento Cyprus Foote), empresa que en 2012 pasaría a ser adquirida por Rockwood Lithium y finalmente por Albemarle. En paralelo, en 1986 a través del llamado *Contrato para Proyecto en el Salar de Atacama*, se formó la Sociedad Mineral Salar de Atacama, Minsal, con participación de CORFO (25%), Amax (63,75%) y Molybmet (11,25%). Minsal posteriormente pasaría a ser parte de SQM, actualmente la mayor productora de litio en Chile.

a nivel mundial. Al mismo tiempo, cuenta con una concentración relativamente alta de litio y niveles moderados de magnesio, lo que facilita su procesamiento.

**Figura 23:** Contenido de litio y magnesio, acuíferos seleccionados



Fuente: Cochilco en base a Roskill e informes geológicos de distintos países.

Por último, además de su gran superficie, alta concentración de litio y bajos niveles de magnesio, una cuarta ventaja consiste en sus altas tasas de evaporación (véase tabla 9 a la derecha). Dado que la extracción de litio a partir de salmueras es un proceso dependiente de la evaporación, una mayor tasa de la misma ayuda a un procesamiento más rápido y eficiente.

En comparación, vemos que salares locales como Pedernales, La Isla y Maricunga no son tan atractivos como el de Atacama pero aun así cuentan con un potencial de explotación atractivo en relación a otros reservorios que actualmente son explotados en otras jurisdicciones.

**Tabla 9:** Tasa de evaporación (mm/a) por salar

País	Salar	Evaporación
Chile	Atacama	3.700
Argentina	Hombre Muerto	2.775
Argentina	Salinas Grandes	2.600
Argentina	Olaroz	2.600
Argentina	Caucharí	2.600
Argentina	Rincón	2.600
China	Zabuye	2.300
Argentina	Pastos Grandes	1.500
Chile	Pedernales	1.200
Chile	Maricunga	1.200
Chile	La Isla	1.000
EE.UU.	Silver Peak	900

Fuente: Cochilco en base a Roskill y distintos informes geológicos de países.

#### d. Acuerdos de CORFO con SQM y Albemarle

CORFO, en calidad de dueña de gran parte de las pertenencias del Salar de Atacama, ha mantenido contratos de arriendo con Albemarle (antes Rockwood y Foote Minerals) y SQM como empresas explotadoras de litio y otras sustancias en el salar<sup>15</sup>. Sin embargo, estos acuerdos no han estado libres de polémicas y modificaciones en el tiempo.

El contrato con la Albermarle databa del año 1985, en el cual CORFO era socio, y transfirió el dominio de las pertenencias mineras a la empresa, mientras durara la cuota de litio que CORFO aportó y que fue autorizada por la Comisión Nacional de Energía Nuclear. Este contrato no establecía rentas de arrendamiento para la explotación de litio, ya que CORFO había capitalizado su aporte en la compañía, ni tampoco un plazo cierto de vencimiento, salvo lo necesario para consumir la cuota.

Los contratos con SQM corresponden a un *Contrato de Arriendo* y un *Contrato para Proyecto*, que fueron suscritos originalmente en 1987 (entonces Minsal) en la cual CORFO era socio, y que fueron modificados en los gobiernos del Presidente Aylwin y del Presidente Frei, ambos con fecha de duración hasta 2030. En ellos se establecía una renta de arrendamiento de 6,8% sobre las ventas con una serie de rebajas de costos y gastos que implicaban un descuento cercano al 1%.

De acuerdo a CORFO (2018), todos estos contratos establecían resguardos insuficientes y cláusulas relativamente obsoletas en términos de acceso a información, monitoreo ambiental, cumplimiento normativo entre otros. En resumen, los principales puntos de disputa eran los siguientes:

**Tabla 10:** Puntos de Disputa de CORFO en sus convenios con ALB y SQM

Disposición	ALB	SQM
Fecha de término	No tenía	2030
Comisión por venta de litio	No tenía	5,8%, pero CORFO acusó faltas
Posibilidad de licitación competitiva tras término de contrato	No tenía	Impedimentos por control de activos y derechos
Acceso a información, control y fiscalización	No tenía	No tenía
Aportes I+D	No tenía	No tenía
Incentivos al valor agregado en Chile	No tenía	No tenía

Fuente: CORFO (2018).

En vista de lo anterior, en el año 2013, el gobierno inició acciones judiciales, por incumplimientos de SQM a los contratos suscritos. En 2014, CORFO interpuso las demandas pidiendo al árbitro el término anticipado de los contratos y la devolución del Salar a la Corporación. De esta demanda se hizo parte el Consejo de Defensa del Estado en el 2015. En 2016, CORFO demandó a SQM por incumplimiento del contrato de proyecto, y la denunció ante la Superintendencia de Medio Ambiente, por incumplimientos de la Resolución de Calificación Ambiental que permite la explotación del salar.

<sup>15</sup> SQM tiene el derecho a explotar 16.384 pertenencias mineras OMA (equivalentes a 819.2 km<sup>2</sup>) dentro de las 28.054 arrendadas (1.400 km<sup>2</sup>). Albemarle tiene el derecho a explotar 3.344 pertenencias mineras OMA dentro de las 4.714 arrendadas (236 km<sup>2</sup>).

Como resultado de las negociaciones que sucedieron a las acciones judiciales, CORFO y SQM acordaron en 2018 una serie de compromisos a cambio de mantener el arriendo en el salar hasta el 2030 y triplicar su cuota de extracción, pasando de 180.000 toneladas de litio metálico (de las cuales quedaban 64.816) a 414.369 toneladas (lo que equivale a unas 2,2 millones de toneladas LCE, es decir, cerca de 180 mil toneladas LCE promedio anual). Dos años antes, en 2016, CORFO ya había modificado el contrato con Albemarle, fijando como fecha de término el año 2043 y agregando una cuota de producción adicional de 262.132 toneladas de litio metálico.

Si bien los compromisos de los acuerdos fueron múltiples para SQM y Albemarle, hay dos comunes a ambas empresas sobre los cuales nos detendremos brevemente:

- El establecimiento de una comisión o *royalty* sobre las ventas de litio de Albemarle y las nuevas condiciones en el pago de la misma para SQM fue uno de los puntos más disputados por CORFO. Finalmente, tras intensas negociaciones, se estableció en los contratos con ambas empresas que se cobraría una renta progresiva como función del precio FOB de exportación. Los rangos de precios para el carbonato y el hidróxido y los cargos porcentuales acordados se ilustran en la tabla 11 a continuación.

**Tabla 11:** *Royalties* sobre los precios de carbonato e hidróxido de litio

Carbonato		Hidróxido	
Rango (USD/Mt.)	Tasa (%)	Rango (USD/Mt.)	Tasa (%)
0 – 4.000	6.8	0 – 5.000	6.8
4.001 – 5.000	8	5.001 – 6.000	8
5.001 – 6.000	10	6.001 – 7.000	10
6.001 – 7.000	17	7.001 – 10.000	17
7.001 – 10.000	25	10.001 – 12.000	25
>10.000	40	>12.000	40

Fuente: CORFO (2018).

- La obligación de vender hasta un cuarto del total de su capacidad de producción teórica de productos de litio (comienza en 15%, con incrementos anuales de 2,5% hasta llegar a 25%) a precios preferenciales (dados por el menor precio del 20% de sus exportaciones durante los últimos seis meses) a productores especializados operando en Chile. Esto en aras de desarrollar una cadena local de valor de la industria del litio (véase *legra g* de esta sección).

#### e. Proyectos

En línea con las modificaciones contractuales suscritas, SQM y Albemarle han dado pie a proyectos para incrementar la producción. SQM en particular actualmente está desarrollando su Ampliación en el Salar del Carmen así como la Ampliación de su Planta de Carbonato a 180.000 toneladas por año. Albemarle por su parte está ejecutando la fase 3 de la ampliación de su planta de carbonato, con la cual espera incrementar su capacidad anual de carbonato en 88 mil toneladas por año. Sin embargo, recientemente la empresa ha acotado demoras y suspensiones en su ejecución.



Por último, existen dos proyectos en el Salar de Maricunga ubicado en la región de Atacama: el Proyecto Blanco desarrollado por Minera Salar Blanco (propiedad de un consorcio entre Lithium Power International Ltd. con 51%, Minera Salar Blanco SpA con 30.98% y Bearing Lithium Corp. con 18.02%) y Producción de Sales Maricunga de Simco SpA. En agosto de 2019, la estatal Codelco a través de su filial Salar de Maricunga SpA (que está facultada para solicitar un Contrato Especial de Operación de Litio –CEOL- para explotar el litio) y Minera Salar Blanco, las dos empresas con mayor cantidad de pertenencias en el salar, firmaron un acuerdo de entendimiento para explotar el reservorio.

En la tabla 12 a continuación se resumen los proyectos previamente descritos según su operador, ubicación, capacidad por compuesto químico, etapa de avance y de permisos, así como su inversión total estimada.

**Tabla 12:** Proyectos de litio en Chile

Proyecto	Operador	Ubicación	Capacidad anual (kt/a)		Etapa	Permisos SEA	Inversión est. (mill. US\$)
			Carbonato	Hidróxido			
Ampliación Salar del Carmen	SQM	Salar de Atacama	Fase: Δ+ a 58 Fase II: Δ+ a 70	Fase I: Δ+ a 16 Fase II: Δ+ a 24 (nueva planta) Fase III: Δ+ a 36 (otra nueva planta)	Operación	DIA Aprobado (2017)	180
Ampliación Planta Carbonato 180 kt/a	SQM	Salar del Carmen, Antofagasta	Fase I: Δ+ a 110 Fase II (Planta de Carbonato 3): Δ+ a 180	-	Espera a construcción	DIA Aprobado (marzo 2019)	450
Ampliación Planta Carbonato La Negra Fase 3	ALB	La Negra, Antofagasta	Δ+ a 88	-	Ejecución	DIA Aprobado (2017)	300
Proyecto Blanco	Salar Blanco	Salar de Maricunga	20	-	Espera a construcción	EIA Aprobado (2020)	563
Producción de Sales Maricunga	SIMCO	Salar de Maricunga	5,7	9,1	Factibilidad completa	EIA Aprobado (2020)	350

Fuente: Cochilco en base al Servicio de Evaluación Ambiental e informes corporativos.

#### f. Desafíos críticos en la producción

Distinguiremos en términos generales dos impactos significativos de la extracción de litio en el Salar de Atacama hoy. Su impacto al ecosistema natural y su impacto a las comunidades. Si bien ambos puntos presentan varias aristas que permiten una extensa discusión, nos limitaremos en esta oportunidad a realizar discusión introductoria y somera de ambos puntos.

- **Impacto sobre el ecosistema natural:**

Los salares de Chile son ecosistemas únicos y delicados que dan vida a especies emblemáticas como el Flamenco Andino y a formas de vida únicas con un altísimo valor científico como lo son los microbialitos. En el centro de la cuenca del salar se emplaza la Reserva Nacional Los Flamencos, comprendiendo lagunas, salares, volcanes, fauna y flora silvestre alto-andina de características únicas como también un importante patrimonio prehispánico arqueológico y arquitectónico. Igualmente, dentro de la cuenca del salar de Atacama existen varios lugares que fueron declarados sitios RAMSAR, tales como el salar de Pujsa y el de Tara, el Sistema Hidrológico Soncor y el salar de Aguas Calientes VI en la zona contigua al sur del Salar de Atacama (OCMAL, 2018).

- **Impacto sobre las comunidades locales:**

Dada su ubicación geográfica en el norte del país, los salares son reservorios acuíferos en lugares donde el agua es un bien sumamente escaso, y las comunidades locales dependen de su uso. En el caso particular del Salar de Atacama, se encuentra el pueblo atacameño (conocido como Lickanantay). En los sectores que bordean el salar habitan actualmente las comunidades de Peine (600 habitantes aprox.), Toconao (800 habitantes aprox.), así como las pequeñas comunidades de Camar, Socaire y Talabre.

En estas comunidades el abastecimiento de agua es un problema constante. Esto se debe al estrés hídrico que genera la sobreexplotación de sus fuentes dada la entrega excesiva de derechos de aprovechamiento por sobre la capacidad de recarga de la cuenca y de los caudales de los pequeños ríos de la zona<sup>16</sup>. En vista de esta situación, en 2016 la Dirección General de Aguas declaró como agotados los ríos San Pedro y Vilama, para evitar que se sigan otorgando más permisos de uso consuntivo de sus aguas (OCMAL, 2018).

Dado lo anterior sumado a otros factores históricos<sup>17</sup>, las comunidades locales históricamente han experimentado algunas condiciones adversas por la explotación de litio en el salar. Como respuesta, han invocado tratados internacionales como el Convenio 169 de la OIT sobre los derechos de los pueblos indígenas y tribales. En esta línea, al alero de estrategias corporativas de responsabilidad social empresarial y de valor compartido, han emergido negociaciones entre las comunidades y las empresas para seguir explotando bajo ciertos acuerdos que transfieren regalías a los atacameños a fin de propender hacia la licencia social o comunitaria para la extracción del litio (OCMAL, 2018).

De esta forma, en 2012 Rockwood (hoy Albemarle) firmó un convenio con la comunidad de Peine para comenzar sus faenas de litio en el salar. Posteriormente en 2016, dentro del marco de los acuerdos con CORFO para el incremento de la extracción de salmueras, firmó un convenio con las 18 comunidades atacameñas del municipio de San Pedro de Atacama y el Consejo de Pueblos Atacameños (CPA), según el cual la empresa se compromete a transferirles el 3% a las comunidades

---

<sup>16</sup> De acuerdo a OCMAL (2019), por cada tonelada de mineral se eliminan –por la evaporación–, alrededor de dos millones de litros de agua dulce. De acuerdo al Consejo de Pueblos Atacameños, considerando la actividad minera del cobre y del litio, la extracción de agua de salmueras y de aguas dulces que alimentan al salar equivale a unos 5.000 l/s, lo que es cinco veces mayor al agua que recibe el Salar.

<sup>17</sup> Además del daño medioambiental, OCMAL (2018) reportó que históricamente estos pueblos han sido víctimas de discriminación racial y una relación autoritaria por parte de estas dos empresas.

y un 0,5% para actividades de Investigación y Desarrollo al Consejo de Pueblos Atacameños. Al mismo tiempo, se estableció un sistema compartido de monitoreo de los niveles acuíferos del salar.

La relación de SQM con las comunidades ha tenido otras peculiaridades. En el año 2007 tuvo un enfrentamiento con la comunidad de Toconao por el aumento en las extracciones de agua de pozos no autorizados y la contaminación por vertidos de aguas servidas de los campamentos de la minera en las orillas del salar. Este campamento se ubica en el valle de Jere, donde la comunidad realiza su actividad agrícola, la cual está limitada por el uso hídrico (OCMAL, 2018). En 2018, durante las negociaciones entre CORFO y SQM para incrementar la capacidad de producción de litio en el salar, también se estableció un aporte de entre US\$ 10 y US\$ 15 millones anuales para el desarrollo económico sustentable de las comunidades local junto a otros aportes para financiar proyectos municipales y regionales (CORFO, 2018). Sin embargo, el acuerdo continúa generando discusión dentro de las comunidades.

En paralelo, a fines de 2019, el Primer Tribunal Ambiental acogió la reclamación de las comunidades indígenas atacameñas por la aprobación del Plan de Cumplimiento que presentó SQM ante la Superintendencia de Medio Ambiente para la extracción de litio en el salar, arguyéndose que se estaba bombeando más salmuera de la autorizada. Si bien en un comienzo el fallo fue apelado por la entidad, se desistió de la iniciativa a mediados de 2020, de manera tal que deberá realizar un nuevo estudio sobre el Plan de Cumplimiento y eventualmente retomar el proceso administrativo contra la empresa. Ahora bien, la empresa ya ha logrado acuerdos extrajudiciales con algunas de las comunidades atacameñas afectadas.

#### **g. Creación de una cadena de valor del litio en Chile**

Chile está apuntando a desarrollar una cadena de valor en la industria del litio buscando atraer a productores de cátodos y otros componentes de baterías al país. En aras de este fin, los contratos celebrados entre CORFO y Albemarle (2016) y posteriormente con SQM (2018) especifican que estas empresas deberán vender un cuarto de su producción a precios preferenciales a productores especializados establecidos en Chile.

En este contexto, en 2018 CORFO realizó una primera *lithium call* o convocatoria para búsqueda de productores que comprarían su producción a Albemarle. A partir de esta, se eligieron a tres consorcios: Posco-Samsung, Sichuan Fulin Transportation Group y Molymet. Sin embargo, los tres retiraron sus postulaciones. Dado lo anterior, CORFO anunció que haría una nueva convocatoria para Albemarle, en adición a la convocatoria para SQM que fue presentada en abril de 2019.

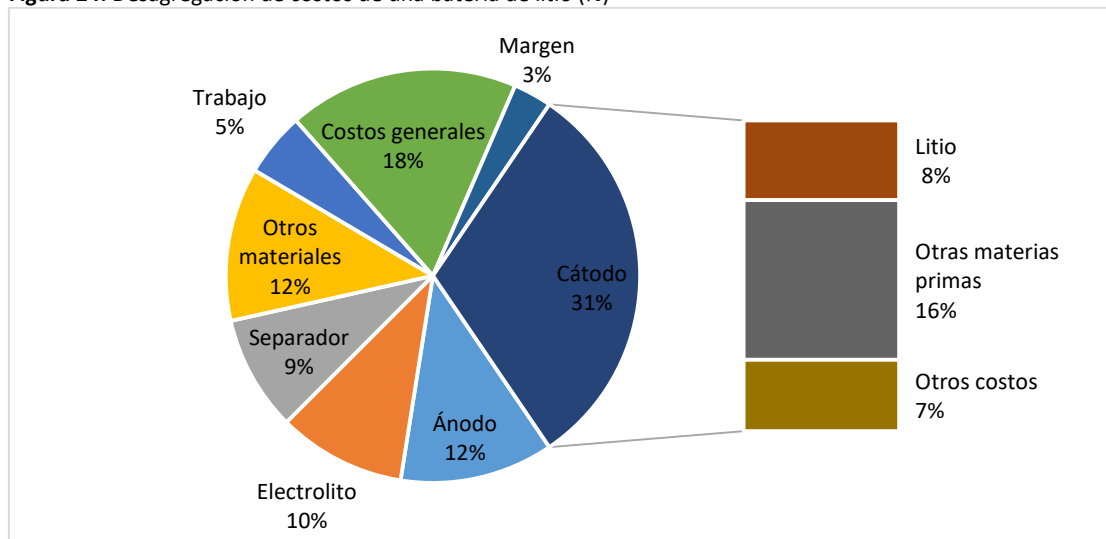
Dado el desistimiento de los primeros consorcios seleccionados, es evidente que el desarrollo de una cadena de valor local para el desarrollo aguas abajo de una industria del litio ha presentado sus inconvenientes. ¿A qué podemos atribuirlos? Sobre este punto se pueden distinguir cuatro consideraciones que pueden presentar desventajas para este objetivo:

- Ubicación de los productores de baterías: ya existe una cadena de producción establecida en el noreste de Asia. En consecuencia, la posibilidad de que un fabricante asiático busque

establecerse total o parcialmente en Chile le supondría una disrupción geográfica en su cadena productiva, lo que incrementaría sus costos y tiempos.

- Ubicación de los consumidores: constituyen principalmente las mayores economías del hemisferio norte, incluyendo a China. Luego, el establecimiento de un centro de fabricación en Chile implicaría mayores tiempos de traslado de productos finales e intermedios.
- El tipo de litio: Los productores están progresivamente prefiriendo el hidróxido de litio por sobre el carbonato. Sin embargo, la fabricación chilena consiste principalmente en este segundo tipo.
- Costos de producción: En general, el costo del litio no representa más del 10% del costo total de una batería de ion-litio. La figura 24 a continuación ilustra la desagregación de costos de una batería estándar de ion-litio. De esta, el valor del cátodo representa un 31% del costo total, y el valor del litio un 8%.

**Figura 24:** Desagregación de costos de una batería de litio (%)



Fuente: Cochilco basado en estimaciones de Roskill (2018).

Dentro de un vehículo eléctrico como producto final, la proporción es lógicamente aún menor. A modo referencial, Roskill (2018) estima que una disminución en el precio del carbonato de litio de mil dólares la tonelada representaría apenas un ahorro de 50 dólares por unidad (Tesla Model 3, con batería de 50kWh).

## VI. Referencias

- Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. (2019), “Sources of Greenhouse Gas Emissions”. Disponible en: <https://www.epa.gov/ghgemissions/sources-greenhouse-gas-emissions#transportation>
- Banco Central (varios años), Informe de Indicadores de Comercio Exterior. Disponibles en: <https://si3.bcentral.cl/estadisticas/principal1/informes/se/comex/indicadores.html>
- Benchark Mineral Intelligence (2020): “Lithium Forecast, Q1 2020”.
- CleanTechnica (2020): “China 2019 Electric Vehicle Market Share Grows To 4.7% Despite Tighter Incentives”. Disponible en: <https://cleantechnica.com/2020/01/13/china-2019-electric-vehicle-market-share-grows-to-4-7-despite-tighter-incentives/>
- CleanTechnica (2020), “#1 Tesla Model 3 = 14% of World’s Electric Vehicle Sales in 2019”. Disponible en: <https://cleantechnica.com/2020/02/06/1-tesla-model-3-14-of-worlds-electric-vehicle-sales-in-2019/>
- CORFO (2018), “Bases de Conciliación Proceso Arbitral CORFO|SQM”.
- Dirección General de Desarrollo Minero (2018): “Perfil del Mercado del Litio” [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/419275/Perfil\\_Litio\\_2018\\_\\_T\\_.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/419275/Perfil_Litio_2018__T_.pdf)
- IHS Markit (2020), “Global Light Vehicle Sales to Decline to 70.3 Million in 2020 due to COVID-19 Impact”. Disponible en: <https://ihsmarkit.com/research-analysis/global-light-vehicle-sales-to-decline-to-70-million-units.html>
- Electrek (2020), “Daimler ends hydrogen car development because it’s too costly”. Disponible en: <https://electrek.co/2020/04/22/daimler-ends-hydrogen-car-development-because-its-too-costly/>
- HSBC (2018), “Global EV Battery Materials”.
- Inside EV (2020), “Top 10 Countries In The Global EV Revolution: 2019 Edition. Disponible en: <https://insideevs.com/news/402528/top-10-global-ev-countries-2019/>
- Lithium Power International (2019), “Definitive Feasibility Study of Minera Salar Blanco Lithium Carbonate Project”. Disponible en: <https://lithiumpowerinternational.com/wp-content/uploads/2019/01/Definitive-Feasibility-Study-of-MSB-Blanco-Lithium-Carbonate-Project.pdf>
- Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina (OCMAL, 2018), “Impacto socioambiental de la extracción de litio en las cuencas de los salares altoandinos del Cono Sur”
- Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina (OCMAL, 2019), “Litio: la encrucijada entre el mineral del futuro y los problemas socioambientales que genera”
- Sernageomin (2013), “Estudio del potencial de litio en salares del norte de Chile”
- Sernageomin (2014), “Potencial de litio en salares del norte de Chile”
- Pilbara Minerals (2017): “Pilgangoora – the world's leading lithium development Project”. Disponible en: [http://www.pilbaraminerals.com.au/site/PDF/1983\\_0/CorporatePresentationSeptember2017](http://www.pilbaraminerals.com.au/site/PDF/1983_0/CorporatePresentationSeptember2017)
- Reuters (2020), “China says no significant cut in new energy vehicle subsidies in 2020”. Disponible en: <https://www.reuters.com/article/us-china-autos/china-says-no-significant-cut-in-new-energy-vehicle-subsidies-in-2020-idUSKCN1ZA09Z>
- Reuters (2020), “Albemarle expresses interest in Tianqi's stake in Greenbushes lithium mine”. Disponible en: <https://www.reuters.com/article/us-albemarle-tianqi-lithium/albemarle-expresses-interest-in-tianqis-stake-in-greenbushes-lithium-mine-idUSKBN22J2AV>
- Roskill (2018), “Lithium: Outlook to 2028”.
- Roskill (2020), “Increasing CO2 compliance cost could help some auto OEMs reach BEV-ICE price parity by 2023”. Disponible en: <https://roskill.com/news/automotive-increasing-co2-compliance-cost-in-eu-will-help-some-auto-oems-to-reach-price-parity-with-evs/>
- Servicio Nacional de Aduanas, Estadísticas de exportación. Disponibles en Thomson Reuters.
- S&P Global Market Intelligence (2020). Estimaciones de costos.
- Volkswagen (2020), Battery or fuel cell, that is the question”. Disponible en: <https://www.volkswagen-newsroom.com/en/stories/battery-or-fuel-cell-that-is-the-question-5868>
- Wood Mackenzie (2020), “Global electric vehicle sales to drop 43% in 2020”. Disponible en: <https://www.woodmac.com/press-releases/global-electric-vehicle-sales-to-drop-43-in-2020/>
- USGS (2019), “Lithium Statistics and Information”. Disponible en: <https://www.usgs.gov/centers/nmic/lithium-statistics-and-information>

Este trabajo fue elaborado en la  
Dirección de Estudios y Políticas Públicas por:

**Salathiel Andrés González Eyzaguirre**

Analista de Estrategia y Políticas Públicas

**Jorge Cantallopts Araya**

Director de Estudios y Políticas Públicas

Agosto / 2020