



MERCADO INTERNACIONAL DEL LITIO Y SU POTENCIAL EN CHILE

(DEPP 28 /2018)

Resumen ejecutivo

El litio destaca como uno de los metales con mayor crecimiento en su demanda debido a su uso en la fabricación de baterías recargables ion litio, las cuales son un componente clave en la fabricación de vehículos eléctricos. Las presiones ambientales, regulatorias y fomento al desarrollo de la industria automotriz (caso China) han impulsado fuertemente la electromovilidad.

Chile tiene ventajas significativas para la explotación de litio, destacando que posee el 48% de las reservas mundiales y cuenta con el salar de Atacama, una de las zonas con mayor potencial y competitividad a nivel global para su extracción.

Con respecto a la oferta mundial, se registró una producción de 234.000 toneladas de carbonato de litio equivalente (LCE) el 2017 y la demanda alcanzó a 221.000 toneladas de acuerdo a cifras del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS). El 54% del litio es destinado a usos industriales (cerámicas, polvos metalúrgicos, vidrios, aleaciones de aluminio, medicina y otros) y el 46% restante se utiliza en el mercado de baterías (transporte y dispositivos electrónicos). En este ámbito se proyecta que la demanda al cierre del 2018 registraría las 275.000 toneladas de LCE y al 2022 alcanzaría las 505.000 toneladas. En cuanto al consumo de litio destinado para baterías del sector transporte (BEV, PHEV, HEV, ebus y ebike), el 2018 anotaría 103.000 toneladas de LCE, mientras que para el 2022 se estima que alcance las 298.000 toneladas. Estas cifras reflejan la importancia del desarrollo de la industria automotriz en la demanda de litio, la cual requerirá baterías cada vez más eficientes, económicas y con mayor capacidad.

En cuanto a la demanda futura por compuestos de litio, el hidróxido de litio es aquel que registrará el mayor crecimiento, estimándose que alcance el 45% de la demanda total el 2017, debido a que permite que las baterías tengan una mayor densidad energética en comparación con aquellas fabricadas con carbonato. Lo anterior conllevará a que los productores de salmuera disminuyan la ventaja competitiva en términos de costos con aquellos de mineral de roca, debido a que deben realizar un proceso adicional para transformar el carbonato a hidróxido de litio.

Las fuentes de producción de litio, en la actualidad son los salares y depósitos de minerales de roca, sin embargo, igualmente existen iniciativas en base a arcillas y geotermia, lo cual puede transformarse en un desafío futuro para los productores tradicionales.

La oferta mundial el 2017 se mantiene concentrada en tres países, sin embargo, comienza a desconcentrarse en términos de compañías, especialmente por el ingreso de empresas australianas como Galaxy, Mineral Resources, Pilbara y Altura Minerals, además de Orocobre en Argentina. Estas empresas comenzarán a tener una participación importante en la producción de este metal en el corto plazo.

En cuanto a la oferta de litio, se estima que alcanzaría las 280.200 toneladas el 2018 lo que generaría un leve superávit en el mercado, el que se incrementaría en los próximos cinco años. Actualmente no se observa el escenario de escasez de litio en el mercado que impulsó ostensiblemente su precio el 2016 y 2017. Este superávit estimado, sumando a ello la debilidad de la economía china y un



menor crecimiento económico de la economía mundial proyectan un escenario de precios algo menores para este metal el 2019.

En cuanto a la situación productiva de Chile, el 2018 consolida su posición como un actor relevante en el mercado del litio, gracias a una importante cartera de proyectos por US\$ 1.803 millones, la cual se incrementó en 276% respecto a la del 2017. Estos proyectos permitirían que el país alcance una producción estimada de 240.000 toneladas de LCE al 2022, triplicando la registrada el 2017 de 80.417 toneladas.



ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO.....	1
1. ¿QUÉ ES EL LITIO Y SU MINERALOGÍA?	6
2. RECURSOS Y RESERVAS	6
3. PRECIO DEL LITIO.....	7
4. OFERTA MUNDIAL DE LITIO.....	8
4.1. Producción y exportaciones chilenas de litio	12
4.2. Producción mundial de litio de salmueras y de mineral de roca	14
5. DEMANDA MUNDIAL DE LITIO	16
5.1. Demanda para baterías	18
6. PROYECCIONES DE OFERTA Y DEMANDA MUNDIAL DE LITIO	26
6.1. Proyecciones de oferta mundial	26
6.2. Proyecciones de Demanda mundial	28
7. COMENTARIOS FINALES	30
8. BIBLIOGRAFÍA	31
9. ANEXOS	33
9.1. Pago de regalías SQM	33
9.2. Pago de regalías Albemarle	33
9.3. Regulaciones y objetivos del gobierno sobre vehículos eléctricos.....	33
9.4. Proyectos	34



ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1: Reservas y recursos de litio (Li) año 2017.....	7
Fig. 2: Evolución del precio promedio del carbonato e hidróxido de litio en Asia (US\$/ton).....	8
Fig. 3: Oferta mundial de litio de mina 2011 – 2017.....	9
Fig. 4: Producción mundial de litio de mina por país 2017	10
Fig. 5: Capacidad productiva de compuestos de litio por empresa	12
Fig. 6: Evolución de la producción chilena de carbonato de litio (LCE).....	12
Fig. 7: Estimación de la producción chilena de litio (LCE)	13
Fig. 8: Evolución de cartera de inversiones en litio.....	13
Fig. 9: Exportaciones de litio (Valor FOB).....	14
Fig. 10: Cash cost del carbonato de litio	15
Fig. 11: Cash cost del hidróxido de litio.....	15
Fig. 12: Composición del cash cost del carbonato de litio según método de producción.....	16
Fig. 13: Consumo mundial de litio 2011 – 2017	16
Fig. 14: Demanda de litio años 2010 y 2017	17
Fig. 15: Consumo de litio en aplicaciones industriales.....	18
Fig. 16: Consumo de litio en artículos y dispositivos electrónicos.....	19
Fig. 17: Litio promedio utilizado en las baterías para artículos electrónicos portátiles	19
Fig. 18: Consumo de litio de sistemas de almacenamiento de energía.....	20
Fig. 19: Evolución de los costos de baterías ion litio.....	21
Fig. 20: Proyección de ventas de vehículos HEV a nivel global	22
Fig. 21: Proyección de ventas a nivel global de vehículos PHEV	22



Fig. 22: Ventas mundiales de BEV	23
Fig. 23: Proyección del costo de los vehículos eléctricos a batería (BEV)	23
Fig. 24: Cantidad de vehículos eléctricos vendidos y litio consumido por segmento el 2017	24
Fig. 25: Vehículos eléctricos con mayor capacidad de desplazamiento con una recarga de batería	24
Fig. 26: Consumos típicos de litio (LCE) en vehículos eléctricos	25
Fig. 27: Proyección de ventas de automóviles a combustión interna y eléctricos al 2022	25
Fig. 28: Evolución de las ventas de vehículos eléctricos en China (PHEV y BEV)	26
Fig. 29: Proyección de la oferta de litio 2018-2022 (compuestos refinados)	27
Fig. 30: Proyección de la oferta de conversión de mineral de roca y salmuera	28
Fig. 31: Proyección de demanda al 2022	28
Fig. 32: Estimaciones de crecimiento anual compuesto de demanda por sector en cinco años	29
Fig. 33: Participación futura de la demanda de baterías en la demanda para baterías	29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Fuentes del litio	9
Tabla 2: Aplicaciones y participación de mercado de los compuestos de litio 2017 y 2027 (p)	11
Tabla 3: Cartera de proyectos de inversión de litio 2018	13
Tabla 4: Tasas de renta de arrendamiento pagadas a Corfo según el precio del carbonato de litio	14
Tabla 5: Proyecciones de crecimiento del consumo de litio por segmentos	20



1. ¿Qué es el litio y su mineralogía?

El litio es el metal más liviano y con menor densidad de los elementos sólidos de la tabla periódica. Tiene una alta conductividad eléctrica y térmica, baja viscosidad y evidencia un bajo coeficiente de expansión térmica (Lenntech company, 2017). Debido a su propiedad reactiva, no se encuentra naturalmente en su forma metálica pura, sino que principalmente en minerales y salares, donde es extraído para ser convertido en compuestos y derivados (Tianqi, 2018). De acuerdo al Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS), las principales fuentes de litio son los salares en cuencas cerradas (58%), rocas pegmatitas y granitos (26%), arcillas enriquecidas en litio (7%), salmueras de yacimientos petroleros (3%), salmueras geotermales (3%) y zeolitas enriquecidas con litio (3%).

Existen tres tipos de salmueras enriquecidas con litio: continentales, geotérmicas y de campos petroleros. Las salmueras continentales tienen una mayor factibilidad económica como fuente de extracción. Están formadas por las acumulaciones de agua salina subterránea enriquecida con litio disuelto, encontrándose en Sudamérica y en regiones de Estados Unidos, Canadá y China (Ganfeng, 2018). La salmuera es bombeada a la superficie y se deposita en piscinas para aplicarle evaporación solar y de esta forma producir un concentrado de salmuera de litio con un contenido de Litio de entre 3% y 6%, que puede ser procesado luego para obtener compuestos refinados (Tianqi, 2018).

El mineral de litio de roca, también conocido como pegmatita, es una roca ígnea intrusiva formada como parte del proceso de enfriamiento y cristalización del magma (Ganfeng, 2018). Los tres tipos de mineral de roca más conocidos son:

- Espodumeno: Es el mineral de roca con litio más extraído. Existen depósitos históricos en Australia y en regiones de Canadá y China (Ganfeng, 2018).
- Lepidolita: Es una mica que contiene litio y también impurezas. La extracción de litio de mineral de roca con lepidolita tiene mayor costo en comparación con el espodumeno, debido a que se requieren procesos adicionales para eliminar las impurezas que contiene. Actualmente se produce en forma económicamente viable en China (Ganfeng, 2018).
- Petalita: Este tipo de mineral produce concentrados de litio de menor ley que el espodumeno, lo que reduce la producción final del compuesto de litio refinado (Ganfeng, 2018).

Mediante un proceso de beneficio, los minerales de roca se transforman en concentrados para su utilización en la industria de la cerámica y del vidrio o bien como materia prima para una fase posterior de conversión con la finalidad de obtener compuestos de litio refinados (Tianqi, 2018).

2. Recursos y reservas

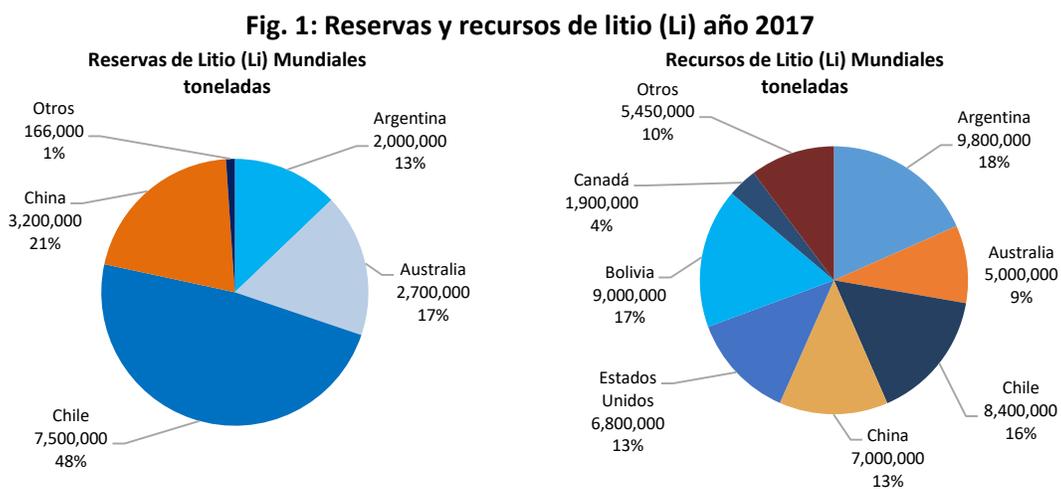
Los recursos y reservas de litio, de acuerdo a la actualización del informe correspondiente al año 2017 del USGS, tuvieron un crecimiento de 7,6% y 13,5%, respectivamente, en relación al reporte



del 2016 (USGS, 2018), acorde al mayor nivel de exploración e información en la minería del litio. El 2017 las reservas alcanzaron a 15,6 millones de toneladas de litio, frente a las 14,5 millones del período anterior, crecimiento que se origina por el aumento de las cifras de Australia. En cuanto a los recursos, el USGS informó mayores recursos en Argentina, Chile y Australia, siendo esta última nación la que dio cuenta del mayor avance pasando de 2.000.000 a 5.000.000 de toneladas (1 tonelada de litio equivale a 5,323 toneladas de carbonato de litio).

La mayor cantidad de reservas mundiales de litio se encuentran en Chile, con el 48% del total, seguido de Australia, con el 17%, y Argentina, con el 13%.

En cuanto a recursos, Bolivia (17%) y Argentina (18%) dan cuenta del 35% del total, mientras que Chile posee el 16%. Estos tres países son denominados el triángulo del litio. Si bien existen países con abundantes recursos, no es factible económicamente explotarlos debido a que presentan altos niveles de impurezas como el magnesio.



Fuente: Elaborado por Cochilco con información de USGS

La capacidad de las reservas de litio para abastecer la demanda, considerando sus reservas, sobrepasa holgadamente a otros metales como el cobre, lo cual indica que no es un metal escaso. Es así como de acuerdo a su nivel de reservas del 2017 se podría satisfacer la demanda de 83 años, considerando que la actual se cuadruplicara (1.000.000 toneladas de LCE).

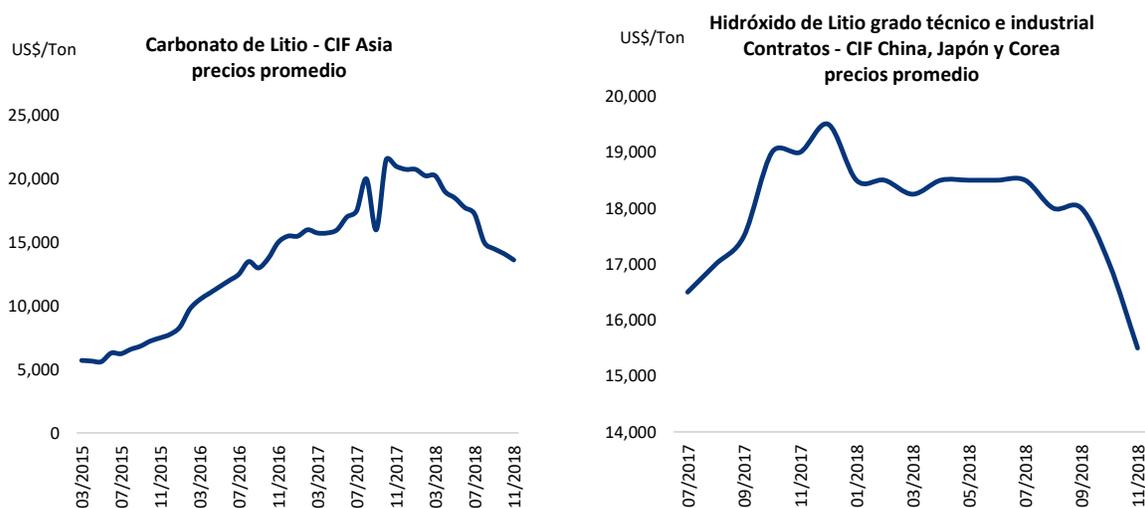
3. Precio del litio

Los precios del carbonato e hidróxido de litio en Asia desde inicios del 2018 han evidenciado una tendencia bajista, alcanzando valores promedio de US\$ 13.625/ton y US\$ 15.500/ton respectivamente, al cierre de noviembre (Fig. 2). Los principales factores de esta menor cotización dicen relación con:



- Expectativas de una oferta que cubriría con facilidad la creciente demanda esperada en los próximos años por la entrada en producción de nuevos proyectos.
- Menores subsidios a la compra de automóviles eléctricos por parte del gobierno chino.
- Señales de ralentización de la economía china, país que es el mayor productor de vehículos eléctricos y consumidor de litio.
- Menores expectativas de crecimiento de la economía mundial afectada por el proceso de alza de tasas de interés de la Reserva Federal y de la guerra comercial entre Estados Unidos y China.

Fig. 2: Evolución del precio promedio del carbonato e hidróxido de litio en Asia (US\$/ton)



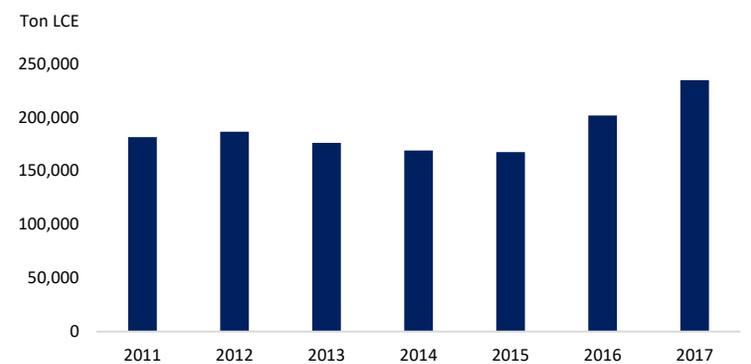
Fuente: Elaborado por Cochilco sobre la base de información de S&P Global e Industrial Minerals

Se estima que el precio de estos compuestos de litio registre una disminución moderada el 2019, a menos que se mantenga el acelerado ritmo de construcción de nuevos proyectos. La demanda se mantiene creciendo sobre dos dígitos y existe espacio para que los productores puedan moderar la ejecución de nuevas iniciativas, principalmente expansiones de empresas ya operando, lo cual podría ser un factor que limite una caída en el precio.

4. Oferta mundial de litio

La oferta mundial de litio de mina se situó en 234.000 toneladas de carbonato de litio equivalente el año 2017, con un aumento interanual de 16,4%.



Fig. 3: Oferta mundial de litio de mina 2011 – 2017

Fuente: Estimación Cochilco en base a USGS y Sernageomin para producción de Chile

El origen actual de la oferta de mina son los salares y los yacimientos de mineral de roca (tabla 1), sin embargo, igualmente existen iniciativas para su producción en base a arcilla y de fuentes geotermiales.

Tabla 1: Fuentes del litio

Salmuera	Mineral de roca
<ul style="list-style-type: none"> Niveles de concentración de litio entre los 250 ppm y 2.000 ppm. Utiliza principalmente la evaporación solar. Eficiente en el uso de energía. Bajo costo variable. Concentrada la producción en Argentina, Bolivia y Chile, con depósitos también conocidos en China y Estados Unidos. 	<ul style="list-style-type: none"> Nivel de concentración de óxido de litio de 0,5% - 2,5%. Requiere operaciones mineras. Uso intensivo de energía. Alto costo variable. Depósitos importantes en Australia y en otros países como Canadá y China, principalmente.

Fuente: Elaboración Cochilco en base a Livent

La inversión de capital inicial requerida para un proyecto de producción en base a salmuera es mayor que la requerida para un depósito de minerales de roca, atendiendo su ubicación geográfica y la infraestructura necesaria para concentrar el litio, sin embargo, los costos operacionales son menores (Livent, 2018).

La producción desde salares es generalmente de compuestos refinados de litio, mientras que la proveniente de mineral de roca debe ser procesada posteriormente en una planta de conversión para obtener compuestos refinados.

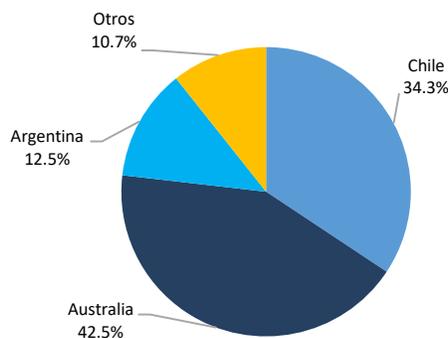
En el año 2017 el 60% de la oferta de litio se produjo desde salmueras y el resto desde mineral de roca, sin embargo, se espera que al 2022 esta proporción cambie a 36% y 64%, respectivamente, debido a una mayor producción de litio en Australia (Ganfeng, 2018). Los salares económicamente viables de explotar se sitúan principalmente en Chile y Argentina, los que dieron cuenta del 56% y 22% de la producción en base a salmuera en 2017, respectivamente (Ganfeng, 2018).

Se prevé un importante crecimiento en la oferta de litio en los próximos cinco años como respuesta a los altos precios alcanzados de los compuestos de este metal y al crecimiento de su demanda. Esta mayor oferta provendrá mayoritariamente de compañías situadas en Australia, Chile, Argentina y, en menor medida, de otros países como Brasil y Canadá. La producción de litio hasta el 2017 se



concentró en Australia (42,5%), Chile (34,3%) y Argentina (12,5%), países que representan el 89,3% de la producción mundial. De acuerdo a cifras del USGS, el país que evidenció el mayor crecimiento productivo el 2017 fue Australia, con un aumento de 33,6%, registrando una producción de 99.540 toneladas de LCE.

Fig. 4: Producción mundial de litio de mina por país 2017



Fuente: USGS para el resto de países, y para Chile Sernageomin

Los principales productores de litio de mina son Talison (Australia), Mineral Resources (Australia), Galaxy (Australia), SQM (Chile), Albemarle (Chile) y Livent (Argentina).

Los principales compuestos refinados de litio y sus características (Livent, 2018) se detallan a continuación:

- Carbonato de litio: Se utiliza principalmente en aplicaciones de almacenamiento de energía, vidrio y cerámica. También se utiliza como materia prima en la producción de hidróxido de litio y compuestos especiales de litio. En aplicaciones de almacenamiento de energía, el uso de carbonato de litio se focaliza en baterías para dispositivos electrónicos portátiles y vehículos eléctricos que requieren una menor densidad de energía.

El carbonato de litio, según su nivel de pureza, se clasifica en grado técnico y grado batería. El grado técnico generalmente se compone de un mínimo de 99% de carbonato de litio, mientras que el grado batería contiene un mínimo de 99,2% - 99,5% de carbonato de litio. El grado batería tiene menores impurezas, tales como magnesio, sodio y potasio, por lo que requiere un procesamiento adicional, generando mayores costos de producción (Fastmarkets, 2018)

- Hidróxido de litio grado batería: Es usado principalmente para producir cátodos con alto contenido de níquel, los que permiten producir baterías con mayor densidad de energía para que los vehículos eléctricos logren un mayor rango de conducción. Por lo anterior se prevé que este tipo de cátodos se adopten con mayor fuerza en el mercado de baterías en los próximos años, lo que aumentará significativamente su demanda.
- Hidróxido de litio grado técnico: Su aplicación es en grasas para automóviles, aviones, vagones de trenes, equipos agrícolas o maquinaria. Las grasas de litio no son corrosivas, son versátiles y tienen buen rendimiento frente a diferentes temperaturas y condiciones climáticas.



El grado técnico y batería de este compuesto está conformado por un mínimo de 56,5% de hidróxido de litio, sin embargo, el grado de batería contiene menos impurezas, como dióxido de carbono, cloro y sulfato.

Se estima que al año 2027 el hidróxido de litio de grado de la batería representará el 45,4% de la demanda de litio (tabla 2).

- **Butil-litio:** Se utiliza en la fabricación de caucho sintético (neumáticos), polímeros y como reactivo químico para la síntesis de determinados compuestos orgánicos, ingredientes farmacéuticos activos, agroquímicos y materiales electrónicos.
- **Cloruro de litio:** Se usa primariamente en sistemas de aire acondicionado y en la producción de litio metálico de alta pureza.

Tabla 2: Aplicaciones y participación de mercado de los compuestos de litio 2017 y 2027 (p)

Compuesto	Aplicación principal	Participación de Mercado 2017	Participación de Mercado proyectada al 2027
Carbonato de Litio	Electrónica Cerámica Vehículos eléctricos	49,6%	41,8%
Cloruro de Litio	Aire acondicionado	18,6%	5,7%
Hidróxido de Litio Grado de batería	Vehículos eléctricos	9,5%	45,4%
Hidróxido de Litio grado técnico	Grasas Industriales	6,8%	1,9%
Butil litio	Polímeros	4,5%	1,5%
Litio metálico	Baterías primarias Aeroespacial	11,1%	3,7%

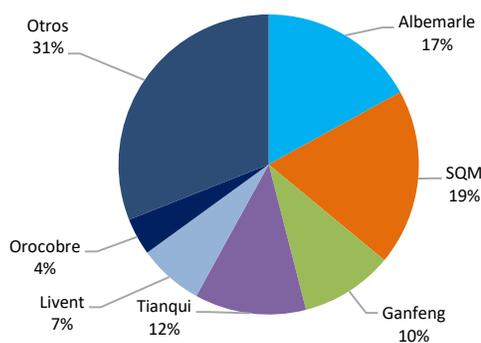
Fuente: Livent

Es necesario indicar que la oferta de mina no es equivalente a la oferta de compuestos de litio refinado, debido a que la producción de mineral de roca requiere un proceso adicional de refinación en plantas de conversión, las cuales se sitúan en la actualidad mayoritariamente en China. En el caso de la producción en base a salmuera, se genera el compuesto refinado en el mismo proceso.

La producción de compuestos de litio refinado se mantendrá concentrada en el corto plazo, al igual que la producción de mina. Sin embargo, se proyecta que en los próximos años participe un mayor número de compañías, con una producción relevante en este mercado, tales como Galaxy, Mineral Resources, Orocobre, Pilbara Minerals y Altura Mining, entre otras. En el año 2017 las principales compañías productoras de compuestos de litio refinado fueron Albemarle, SQM, Orocobre, Tianqi, Ganfeng y Livent (Tianqi, 2018).



Fig. 5: Capacidad productiva de compuestos de litio por empresa



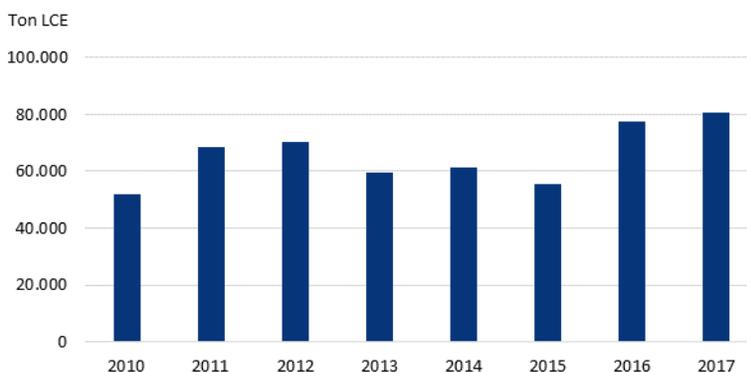
Fuente: Elaboración Cochilco en base Centaur Resources

Diversas consideraciones, como un bajo número de productores, mercado pequeño en comparación a otros metales, know how productivo, diversidad de calidades y niveles de impurezas de los compuestos, especificaciones técnicas y requerimientos especiales de cada cliente a sus proveedores han generado barreras a la entrada a nuevos competidores, esperándose que comiencen a disminuir a medida que el mercado adquiere mayor desarrollo e ingresen nuevos actores.

4.1. Producción y exportaciones chilenas de litio

La producción chilena de litio proviene de las empresas situadas en el Salar de Atacama (SQM y Albemarle). Ésta anotó 80.417 toneladas de carbonato de litio equivalente el 2017, dando cuenta de un incremento de 4,1% respecto al 2016.

Fig. 6: Evolución de la producción chilena de carbonato de litio (LCE)



Fuente: Elaborado por Cochilco en base a información de Sernageomin

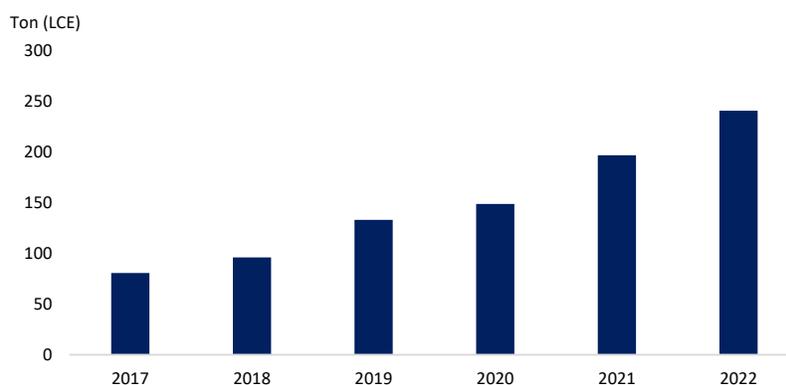
La producción nacional se focaliza mayoritariamente en carbonato de litio (90% del total), siendo menor la producción de cloruro e hidróxido de litio. Sin embargo, esta distribución podría cambiar en el mediano plazo, según las estrategias productivas y comerciales que planifiquen las compañías



que operan localmente. Esto, atendiendo a que el crecimiento en la demanda futura se inclina hacia el hidróxido de litio.

En cuanto a la producción para Chile, de acuerdo a las nuevas expansiones anunciadas por las empresas Albemarle y SQM, se estima que se triplicaría, alcanzando al 2022 las 240.000 toneladas de LCE, aproximadamente.

Fig. 7: Estimación de la producción chilena de litio (LCE)



Fuente: Estimación Cochilco en base a informes de propias empresas

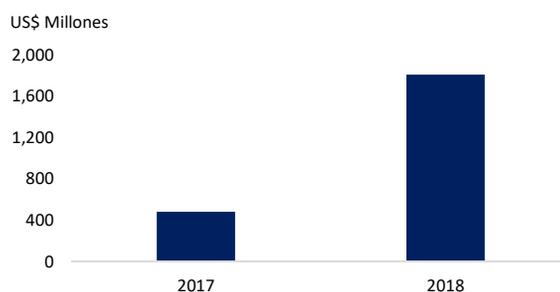
El 2018 la industria chilena del litio se consolidó y aceleró el ritmo de inversiones. La cartera actual alcanza a los US\$ 1.807 millones (Tabla 3), anotando un importante crecimiento de 276% con respecto al 2017 (Fig. 8).

Tabla 3: Cartera de proyectos de inversión de litio 2018

Proyecto	Empresa	Capacidad productiva	Inversión US\$	Fecha Estimada Puesta en Marcha
La Negra Fase 3	Albemarle	42.500	300.000	2021
Ampliación Salar del Carmen	Soquimich	40.000	180.000	2020
Ampliación Carbonato de Litio	Soquimich	110.000	450.000	2022
Producción de Sales Maricunga	Simco	13.700	350.000	2020
Proyecto Blanco	Salar Blanco	20.000	527.000	2022

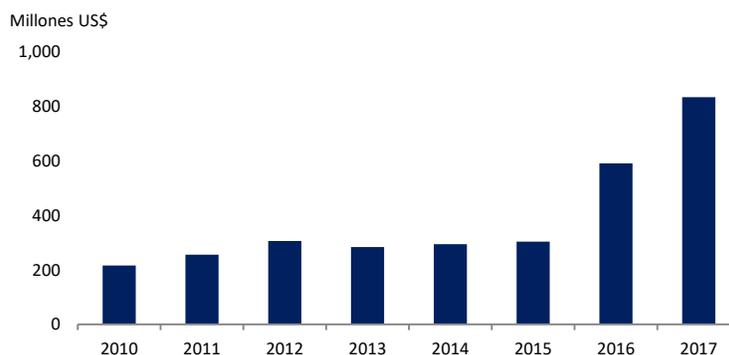
Fuente: Elaborado por Cochilco en base a SEIA y empresas

Fig. 8: Evolución de cartera de inversiones en litio



Fuente: Cochilco

El 2017, las exportaciones de litio en términos de valor se incrementaron en 41% respecto al 2016, anotando US\$ 833 millones, debido esencialmente al mayor valor alcanzado por el litio en los mercados internacionales.

Fig. 9: Exportaciones de litio (Valor FOB)

Fuente: Elaborado por Cochilco en base a Corfo y Legal Publishing

En cuanto al valor de los envíos al exterior, estos podrían alcanzar un valor aproximado de US\$ 2.400 millones (supuesto de precio de largo plazo del carbonato de litio en US\$ 10.000/ton) en el año 2022, generando exportaciones similares al sector forestal, y vitivinícola.

4.2. Producción mundial de litio de salmueras y de mineral de roca

Los costos de producción del carbonato de litio en base a salmuera fluctúan entre los US\$ 4.000/ton y los US\$ 5.000/ton, mientras que la producción en base a mineral de roca tiene un costo mayor, situándose entre los US\$ 6.000/ton y US\$ 7.000/ton.

Los nuevos acuerdos de Albemarle y SQM con Corfo consideran un pago significativo de regalías al organismo estatal de fomento, según el nivel de precios alcanzado tanto por el carbonato e hidróxido de litio. Esto ha generado que los costos de producción registren un impacto importante cuando el precio del litio supera los US\$ 10.000 (tasa marginal de 40%). En la tabla 4 se indican tasas de renta de arrendamiento con escalas progresivas sobre el precio de venta del carbonato de litio y en el anexo 9.1 y 9.2 se detallan las regalías establecidas para el hidróxido:

Tabla 4: Tasas de renta de arrendamiento pagadas a Corfo según el precio del carbonato de litio

Rango de precios US\$/ton	Tasa Comisión Progresiva (%)
0 a 4.000	6,8%
Sobre 4.000 a 5.000	8,0%
Sobre 5.000 a 6.000	10,0%
Sobre 6.000 a 7.000	17,0%
Sobre 7.000 a 10.000	25,0%
Sobre 10.000	40,0%

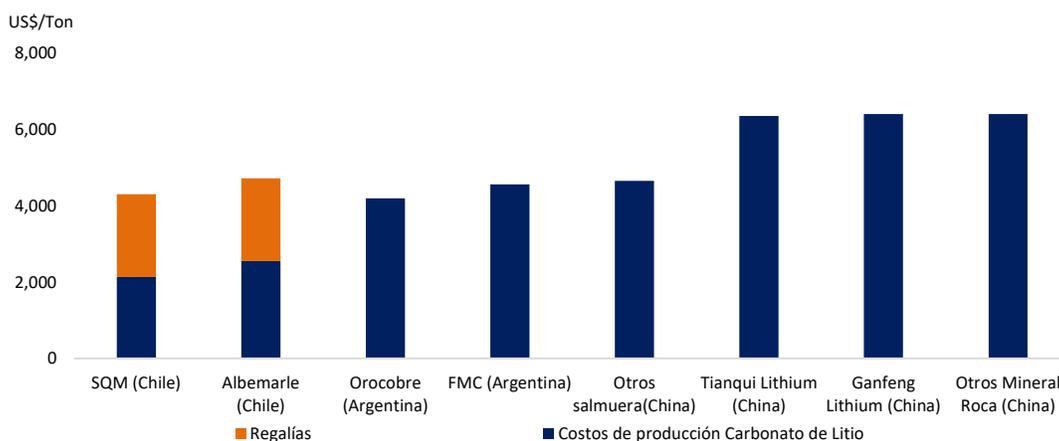
Fuente: Corfo



Este nuevo escenario de cobros de regalías por parte de Corfo implica que una parte importante de la capacidad productiva de salmuera a nivel mundial operará con un mayor nivel de costos. En el mercado del carbonato, los costos de la producción del salar de Atacama se acercarán a los registrados por las empresas que operan en Argentina (Fig. 10).

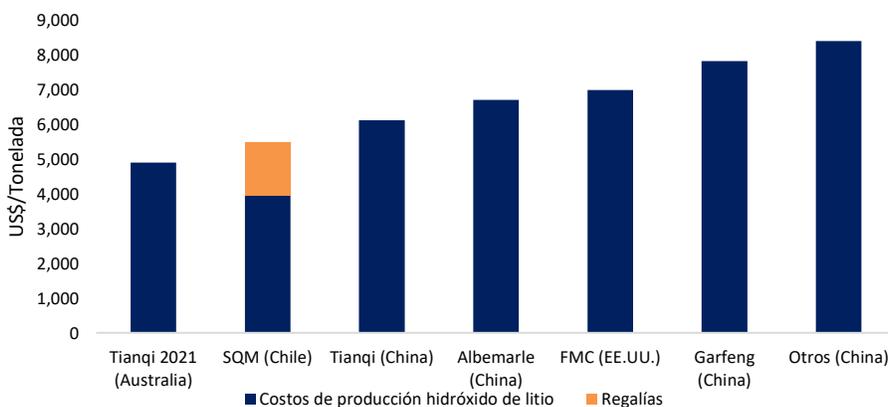
En cuanto a los costos de la producción chilena de hidróxido de litio (Fig. 11), con las nuevas regalías definidas por Corfo, los costos son menores a los registrados por la empresa Tianqi en China y podrían ser mayores a los que tendría la nueva planta de conversión en Australia de esta compañía, cuando se encuentre operando a plena capacidad el 2021 (Tianqi, 2018).

Fig. 10: Cash cost del carbonato de litio



Fuente: Elaborado por Cochilco en base a Nemaska
 La regalía está calculada para un precio referencial de US\$ 12.000/ton del carbonato de litio

Fig. 11: Cash cost del hidróxido de litio



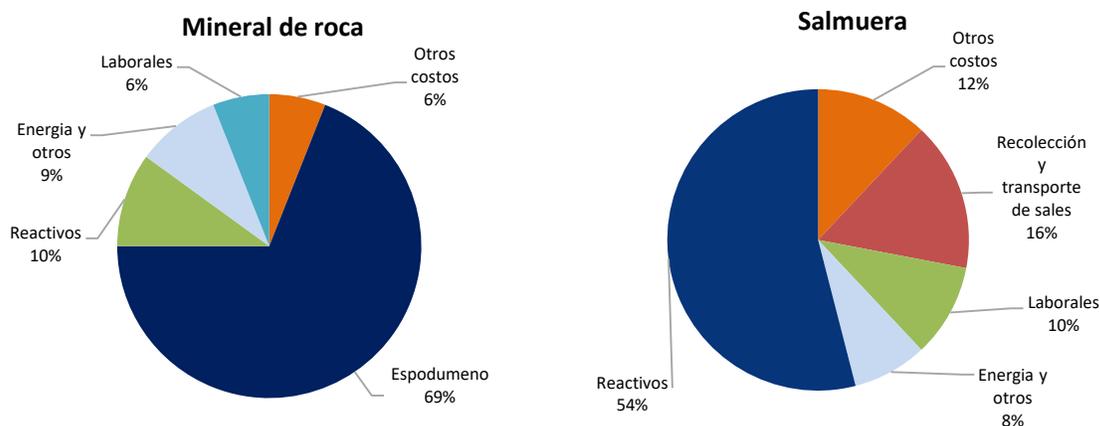
Fuente: Elaborado por Cochilco en base a Nemaska
 La regalía está calculada para un precio referencial de US\$ 12.000/ton del hidróxido de litio

La composición de los costos de producción de compuestos de litio refinados varía en forma significativa dependiendo del tipo de proceso productivo.



En la producción de salmuera, los reactivos representan el 54% de los costos, mientras que en el caso del mineral de roca, estos dan cuenta de solo el 10% de los costos. Se requieren ocho toneladas de concentrado de espodumeno para producir una tonelada de carbonato de litio, representando los costos de este concentrado el 69%. Para estos productores, un menor costo de concentrado alcanzado a través de la integración de la mina y la planta de conversión es importante para mantenerse competitivos frente a los productores de salmuera (Tianqi, 2018).

Fig. 12: Composición del cash cost del carbonato de litio según método de producción

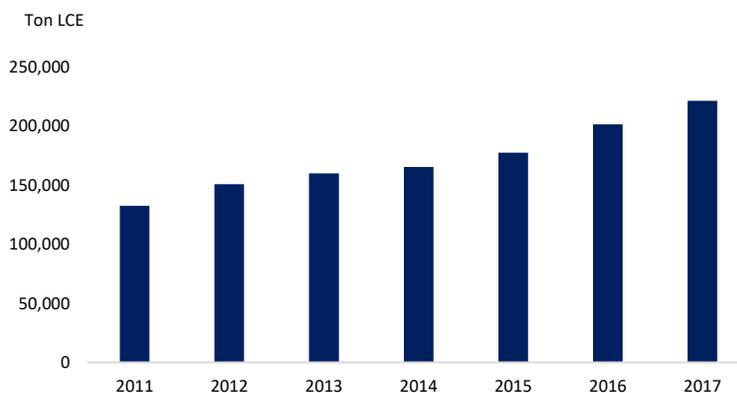


Fuente: Tianqi

5. Demanda mundial de litio

En la figura 13 se presenta el consumo mundial de litio, el cual ha evidenciado un crecimiento anualizado compuesto de 8,9% en el periodo 2011 - 2017, lo que da cuenta de la importancia de este metal en la industria y en la manufactura de baterías. En el 2011 se registró un consumo mundial de solo 132.000 toneladas de LCE, mientras que en el 2017 este se incrementó fuertemente hasta las 221.000 toneladas (USGS, 2017).

Fig. 13: Consumo mundial de litio 2011 – 2017



Fuente: Elaborado por Cochilco con información de USGS

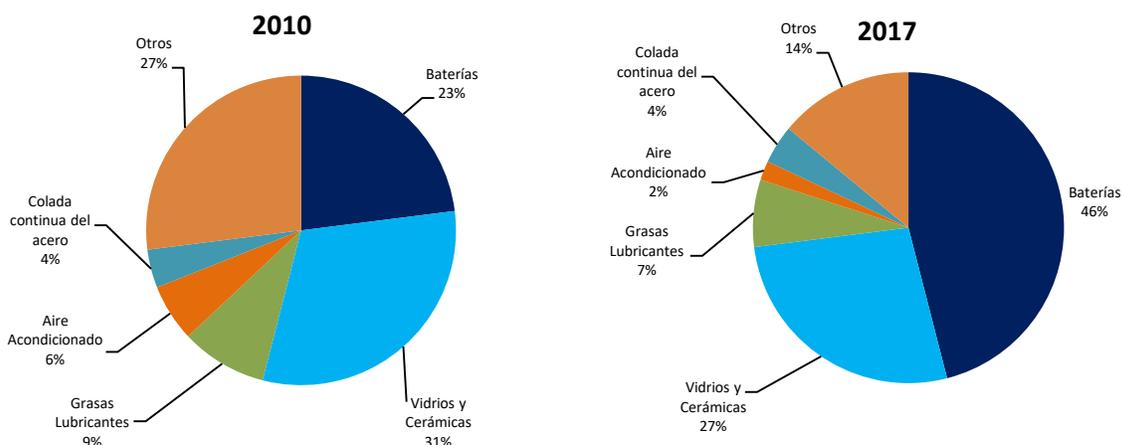


El litio exhibe propiedades que lo hacen atractivo para diversos usos. Entre éstas destacan: elemento sólido más liviano, alta potencia electroquímica, baja expansión térmica y viscosidad, además de particularidades fundentes y catalíticas (Macquarie, 2016).

En el año 2017 la demanda evidenció el acelerado impulso del uso del litio en la fabricación de baterías, alcanzando el 46% del consumo total (USGS, 2017), mientras que en el año 2010 éste era solo el 23% del total (Fig.14). La demanda para uso industrial aún mantiene una participación importante, anotando el 54% el 2017 (Fig.14), sin embargo anualmente reduce su participación en el consumo total.

Su utilización en aplicaciones industriales como en la fabricación de vidrio y cerámica mantiene una participación relevante, siguiéndole la demanda para grasas lubricantes, colada continua del acero, aire acondicionado y otros subsegmentos (medicina, aleaciones de aluminio y polímeros).

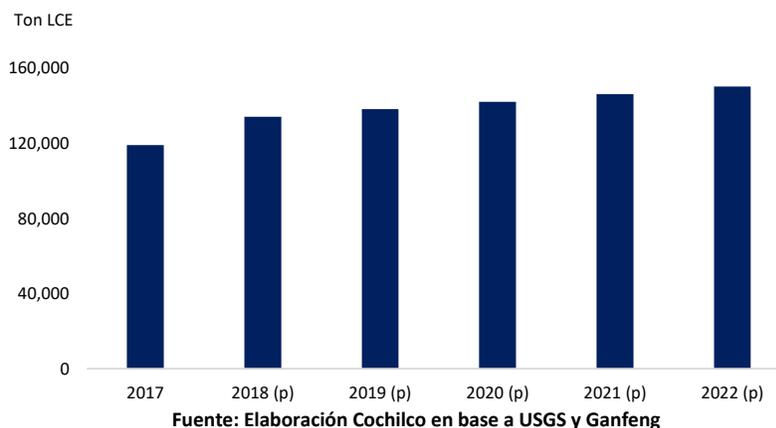
Fig. 14: Demanda de litio años 2010 y 2017



Fuente: USGS

El consumo de litio para aplicaciones industriales históricamente ha constituido una parte significativa del total, sin embargo su crecimiento futuro se prevé moderado (Fig. 15). El 2017 registró 119.000 toneladas de LCE (USGS, 2018), esperándose que alcance las 150.000 toneladas el 2022 (Ganfeng, 2018).



Fig. 15: Consumo de litio en aplicaciones industriales

5.1. Demanda para baterías

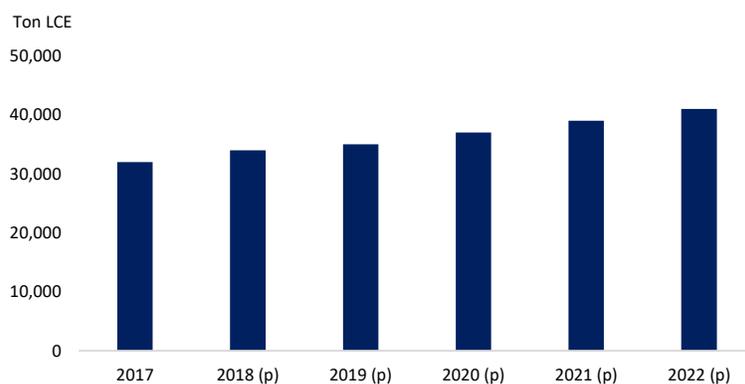
El alto potencial electroquímico y bajo peso del litio facilitó su utilización en la fabricación de cátodos de las baterías, permitiendo que éstas aumenten su rendimiento, es decir, que almacenen más energía en un menor espacio (Macquarie, 2016). Inicialmente, al descubrirse la tecnología de baterías ion litio, presentó problemas de seguridad y fiabilidad debido a la inestabilidad química del litio, especialmente durante su carga. Luego, una vez solucionados estos problemas se comenzó a comercializarlas masivamente (Martínez, 2017).

Consumo de litio en baterías de artículos y dispositivos electrónicos

Inicialmente se estimaba que la demanda de litio crecería debido a su utilización en baterías recargables destinadas a dispositivos y artículos electrónicos como herramientas, notebooks, celulares y tablets entre otros (USGS, 2014).

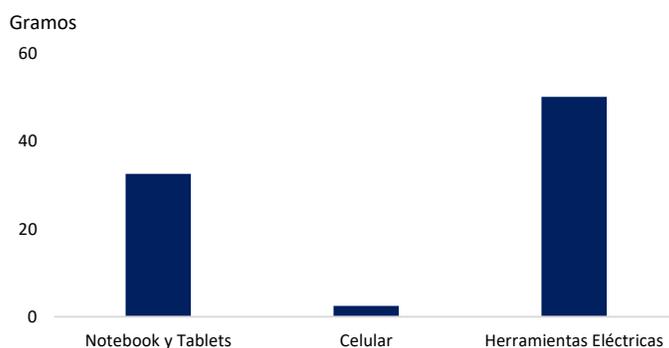
Este segmento evidenciaba una importante participación en la demanda, alcanzando el 17,3% del total el año 2014 con 26.000 toneladas de LCE (BMO Capital Markets, 2018). Sin embargo, dada su menor base de crecimiento, por la baja intensidad de uso de litio en este tipo de baterías, generó que su demanda creciera en menor proporción que el segmento de baterías recargables para automóviles eléctricos. El 2017 el consumo de litio destinado a este segmento registró 32.000 toneladas de LCE (BMO Capital Markets, 2018).



Fig. 16: Consumo de litio en artículos y dispositivos electrónicos

Fuente: Elaborado por Cochilco en base a información de BMO Capital Markets

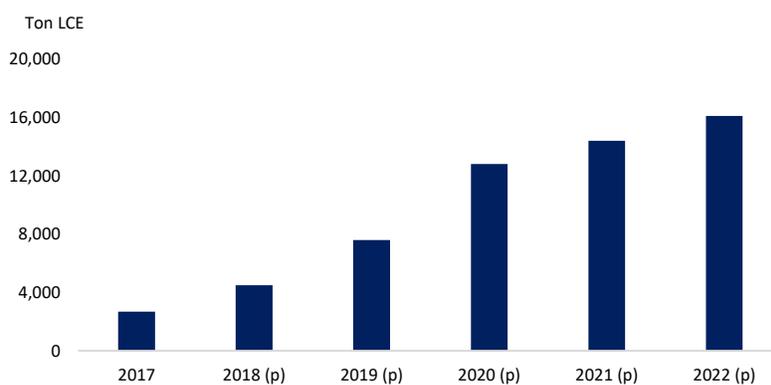
La cantidad aproximada de litio utilizado en las baterías para artículos electrónicos y dispositivos electrónicos se expone en la figura 17:

Fig. 17: Litio promedio utilizado en las baterías para artículos electrónicos portátiles

Fuente: Elaborado por Cochilco en base a información de Pilbara Minerals

Un impulso significativo a la demanda de litio en los próximos años se estima que provenga de los sistemas de almacenamiento de energía (ESS) para uso residencial e industrial, lo cual permitirá usar energía de fuentes renovables almacenada en estos sistemas. Esta tracción en la demanda se evidenciará en los próximos cinco años, una vez que este tipo de baterías se masifique por mejoras en su tecnología y disminución en su costo. Se estimó que el consumo de litio para este tipo de baterías registró solo 2.700 toneladas el 2017, sin embargo, el 2022 se incrementaría a 16.100 toneladas, con una fuerte tendencia al alza en su consumo futuro (Ganfeng, 2018).



Fig. 18: Consumo de litio de sistemas de almacenamiento de energía

Fuente: Elaborado por Cochilco con información de Ganfeng

Consumo de litio en baterías de vehículos eléctricos (EV)

Entre las múltiples ventajas de la tecnología de baterías ion litio (Martínez, 2017) se puede mencionar: alta densidad de energía (mayor almacenamiento por kilo de peso), bajo efecto de autodescarga, y mayor voltaje que las baterías tradicionales de níquel-cadmio. Además, da cuenta de otras propiedades que la hacen superior a otros tipos de baterías (Concordia University, 2017), tales como: mayor vida útil, menor tiempo de carga y bajo efecto memoria (proceso de cargar sin esperar la descarga total).

Solo hace cinco años se incluyó en las proyecciones de demanda de litio su uso en la fabricación de baterías para vehículos eléctricos y en aplicaciones de almacenamiento de energía (USGS, 2014), siendo variables fundamentales para su impulso las regulaciones gubernamentales destinadas a disminuir el uso de combustibles fósiles, subsidios a la compra de vehículos eléctricos (anexo 9.3) y a la disminución del costo de las baterías para vehículos.

El consumo de litio para baterías destinadas al segmento de transporte (automóviles, buses eléctricos) es el que presenta las mayores tasas de crecimiento anuales (32% – 35%), debido a la fuerte tendencia de la electromovilidad y al mayor contenido de litio en este tipo de baterías, atendiendo los requerimientos de mayor capacidad y potencia (Albemarle, 2017).

Tabla 5: Proyecciones de crecimiento del consumo de litio por segmentos

Artículos Electrónicos Portátiles	Tasa de Crecimiento (CAGR*) 2016-2021
Transporte (Automóviles, Camiones y Buses Eléctricos)	32% – 35%
Artículos de consumo electrónicos	8%
Sistemas de almacenamiento de energía	> 40%

Fuente: Albemarle

Los países europeos están a la vanguardia en la definición y promoción de políticas para impulsar el uso de vehículos eléctricos. El gobierno noruego exime a los compradores de vehículos eléctricos (EV) del 25% de IVA aplicado a su venta. Otros países como el Reino Unido, Francia y Alemania están evaluando prohibir la venta o circulación de vehículos de combustión interna entre los años 2030 a

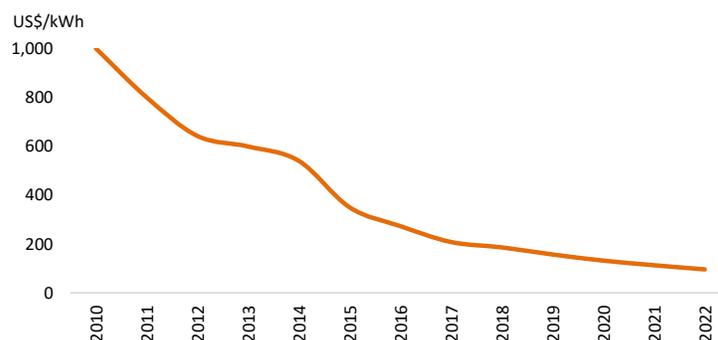


2040, es decir en 10 o 20 años más. En el Reino Unido, el gobierno ha asignado fondos por £ 400 millones para la mejora de la infraestructura de carga eléctrica del país (Ganfeng, 2018).

Asimismo, otro factor relevante que ha favorecido la masificación de las baterías recargables de ion litio es que el avance tecnológico y su producción a gran escala permitieron que disminuyeran considerablemente su valor.

Estas propiedades y los avances tecnológicos que prometen mejorar las características de la batería ion de litio han convertido a esta tecnología en la dominante del mercado de la electrónica portátil y de la electromovilidad en la actualidad. Se espera que sus costos continúen bajando alcanzando los US\$ 96/kWh al 2022 (LSC Lithium Corporation, 2018).

Fig. 19: Evolución de los costos de baterías ion litio



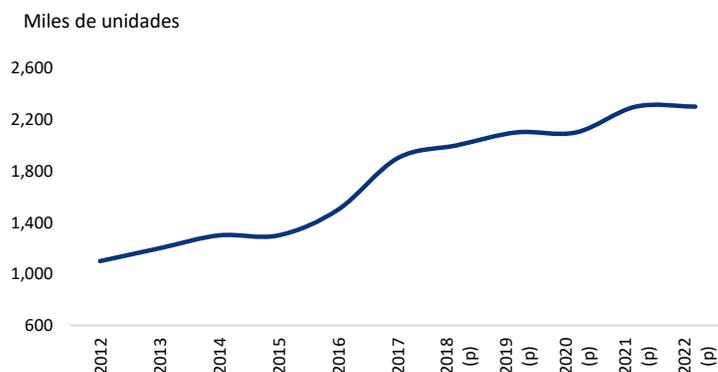
Fuente: Elaborado por Cochilco en base a BNEF y LSC Lithium Corporation

Los principales tipos y características de vehículos eléctricos, de acuerdo al departamento de energía de Estados Unidos son:

- **Vehículos Híbridos (HEV):** Automóvil que tiene un motor de combustión interna y uno eléctrico que utiliza energía almacenada en una batería. Los HEV pueden funcionar en trayectos cortos y a velocidades reducidas solo con el motor eléctrico, y en trayectos largos y en alta velocidad funciona el motor de combustión interna. La energía que proporciona el motor a combustión interna y que no está utilizando cuando el vehículo se encuentra en marcha o detenido y el freno regenerativo permiten que los HEV carguen la batería que alimenta el motor eléctrico, por lo que su carga proviene esencialmente de la mecánica propia del vehículo. Las baterías de estos vehículos no es posible cargarlas enchufándolas a la corriente eléctrica (Toyota, 2018). El litio promedio utilizado en una batería para este segmento alcanza solo los 1,8 Kg (Canaccord Genuity, 2016). El crecimiento en ventas de estos vehículos comienza a moderarse, atendiendo que su ahorro en el uso de energías fósiles es mucho menor que en las otras variantes de vehículos eléctricos (figura 20).



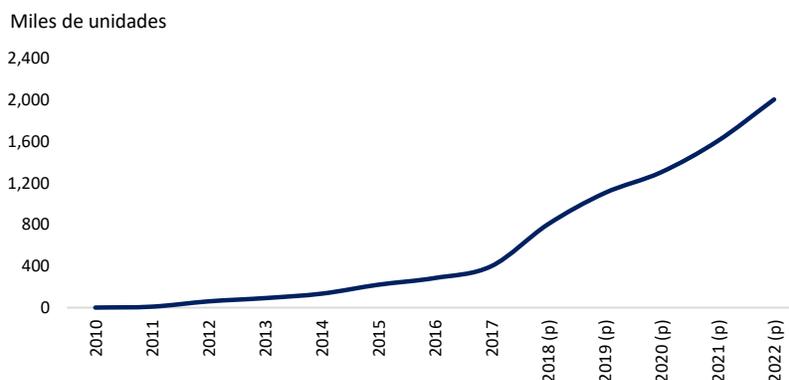
Fig. 20: Proyección de ventas de vehículos HEV a nivel global



Fuente: Ganfeng

- Vehículos Híbridos Enchufables (PHEV): Utilizan una batería para impulsar el motor eléctrico y usan igualmente combustible para hacer funcionar un motor de combustión interna. Los PHEV tiene la capacidad de conectarse a la red eléctrica para cargar la batería y a su vez ésta se puede cargar también a través del motor de combustión interna y el frenado regenerativo. Las baterías del PHEV son más grandes que los HEV, lo que les permite mayor autonomía para funcionar en zonas urbanas (16-65 kilómetros). Si la batería está descargada, el motor de combustión interna puede impulsar el vehículo. Los PHEV consumen menos combustible y emiten menos gases que los vehículos convencionales, sin embargo, es una tecnología de transición entre los vehículos híbridos y los eléctricos a batería (El País, 2018). El litio promedio requerido en una batería para este tipo de automóviles alcanza los 6 Kg (Canaccord Genuity, 2016). Este segmento evidencia un importante potencial de crecimiento en los próximos años, estimándose que se alcancen las 2 millones de unidades vendidas el 2022 (Ganfeng, 2018).

Fig. 21: Proyección de ventas a nivel global de vehículos PHEV



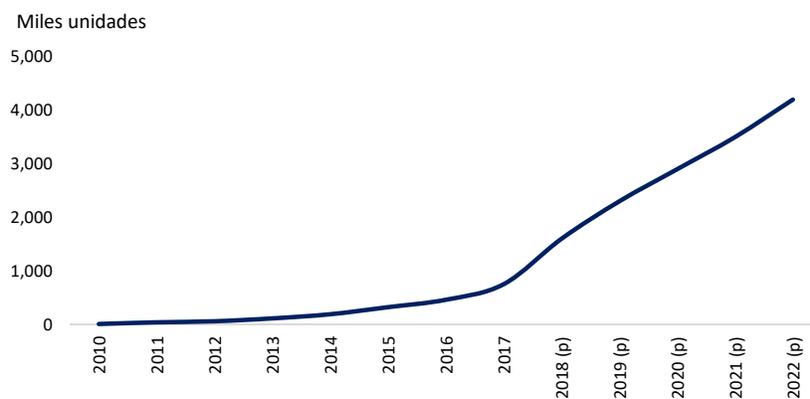
Fuente: Elaborado por Cochilco en base a Global EV Outlook 2018 y Ganfeng

- Vehículos eléctricos a batería (BEV): Usan una batería para almacenar la energía eléctrica que impulsa al motor. La batería se carga en la red eléctrica o través del frenado regenerativo. Los BEV no tienen motor de combustión interna, por lo que no emiten gases. Los últimos modelos de Tesla están logrando una autonomía mayor a 1.000 kilómetros con una batería cargada. Los



vehículos eléctricos utilizan en sus baterías entre 13 kg y 50,8 kg (Canaccord Genuity, 2016). Este tipo de automóviles es el que tiene el mayor potencial de crecimiento, debido a que tienen una mayor eficiencia energética (hasta 4 veces más eficientes que los de combustión interna), tienen menores costos de mantención, son más silenciosos y más limpios (Revista Nueva Minería & Energía, 2018). Las proyecciones para este tipo de automóviles a nivel mundial indican que podrían alcanzarse ventas por sobre las 4.000.000 de unidades el año 2022 (Ganfeng, 2018).

Fig. 22: Ventas mundiales de BEV

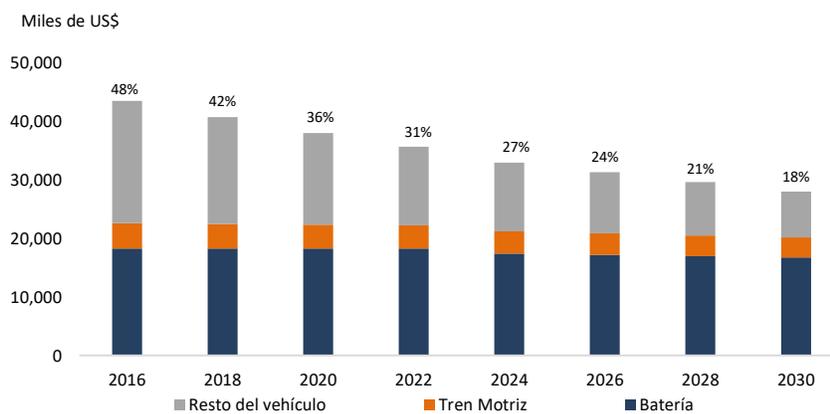


Fuente: Elaborado por Cochilco en base a Global EV Outlook 2018 y Ganfeng

El costo de la batería es el componente más elevado de los vehículos eléctricos (BEV), fluctuando entre 48% y 55% del costo total (modelo tamaño medio), sin embargo, se espera que disminuya a valores entre 18% y 23% para el año 2030 (figura 23). En este contexto se espera que en 4 o 5 años el costo de estos automóviles pueda asimilarse con aquellos de combustión interna cuyo precio promedio aproximado es US\$ 28.000 (tamaño medio, año 2016), con aumentos de precios anuales de 1,5% en el mercado norteamericano (BNEF, 2017).

Además del tamaño del vehículo, un factor relevante es la capacidad de su batería, debido a que un mismo modelo puede ser diseñado con una batería de mayor capacidad para aumentar su rango de desplazamiento, lo cual incrementa su costo también. Esto podría retrasar el punto de equilibrio en términos de costos entre los vehículos a combustión interna y eléctricos (ING , 2018).

Fig. 23: Proyección del costo de los vehículos eléctricos a batería (BEV)

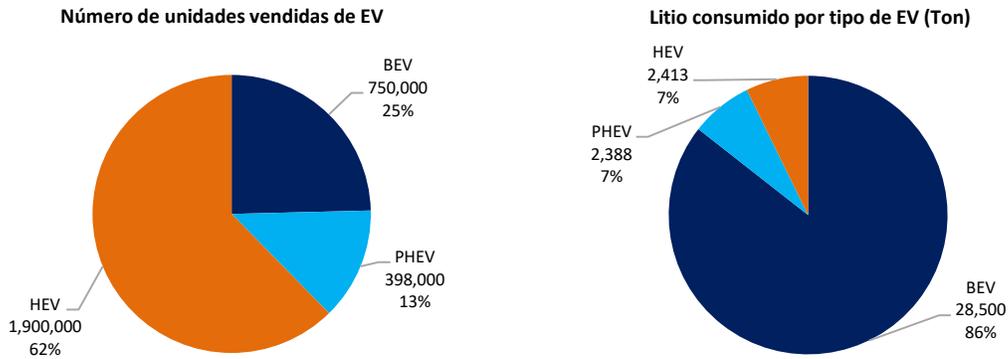


Fuente: Elaborado por Cochilco en base a BNEF



En la figura 24 se puede observar la significativa diferencia en el litio requerido para cada segmento de automóviles eléctricos, ya que si bien el 2017 la mayor cantidad de unidades vendidas fueron los HEV, que alcanzaron las 1,9 millones de unidades (Ganfeng, 2018), estos solo dieron cuenta del 7% del total de litio consumido, mientras que las 750.000 unidades vendidas de BEV representaron el 84%.

Fig. 24: Cantidad de vehículos eléctricos vendidos y litio consumido por segmento el 2017

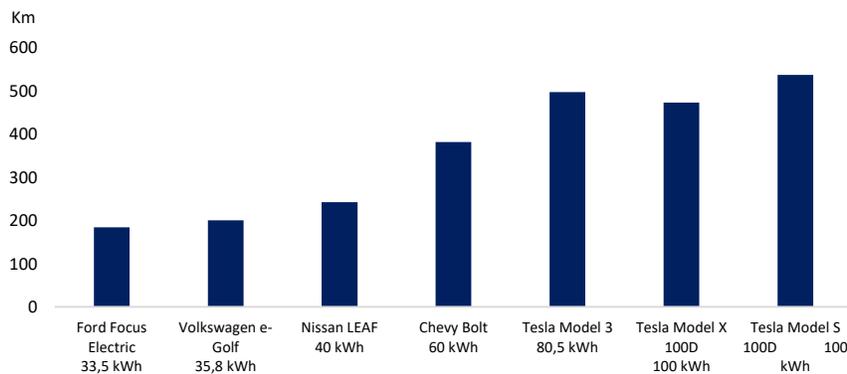


Fuente: Elaborado por Cochilco en base a Global EV Outlook 2018 y Ganfeng

La tendencia en la fabricación de automóviles eléctricos avanza hacia aquellos completamente eléctricos (BEV), fenómeno que es apoyado por el menor costo alcanzado por las baterías y su mayor capacidad.

Dentro de los vehículos eléctricos con baterías de mayor capacidad en el mercado (insideevs, 2018), lo cual les permite mayor rango de desplazamiento antes de realizar una carga, destacan los modelos Tesla (figura 25).

Fig. 25: Vehículos eléctricos con mayor capacidad de desplazamiento con una recarga de batería



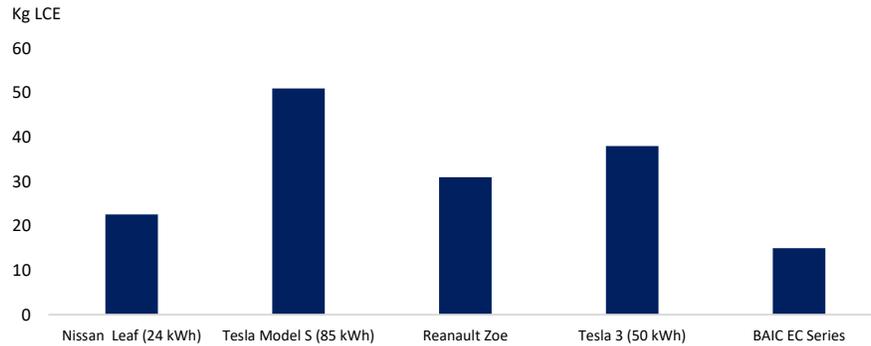
Fuente: Elaborado por Cochilco en base a Insideevs

El litio utilizado en cada modelo de automóvil eléctrico es diferente, dependiendo del tipo de batería que utilice, sin embargo, los consumos promedio de litio se estiman en 0,8 kg de LCE por cada kWh



de batería, el que podría alcanzar en los próximos años solo 0,6 Kg según los avances tecnológicos en términos de eficiencia (Orocobre, 2017). En general un vehículo eléctrico tiene una batería con capacidad de 46 kWh (Morgan Stanley, 2018). En la figura 26 se presentan los consumos de litio de una muestra de automóviles, observándose que las baterías de los modelos Tesla son las más intensivas en litio en directa relación a su mayor capacidad.

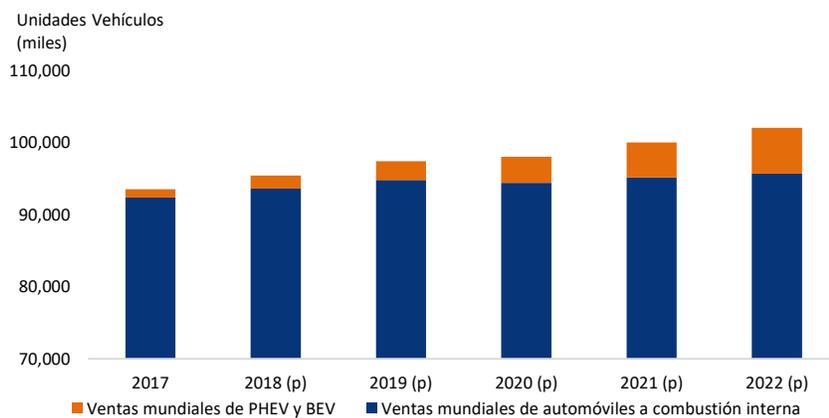
Fig. 26: Consumos típicos de litio (LCE) en vehículos eléctricos



Fuente: Elaborado por Cochilco en base a información de insideevs.com

La tasa de crecimiento anual de las ventas de vehículos eléctricos (BEV y PHEV), se han corregido al alza debido a las mayores regulaciones, subsidios, conciencia de los consumidores por el medio ambiente y por los menores precios alcanzados por los vehículos eléctricos, aun cuando todavía son más costosos que los de combustión interna. Se estima que el 2018 se vendan 95,4 millones de automóviles en el mundo (Wards Intelligence, 2018), proyectándose que 1,8 millones de estos vehículos sean eléctricos a batería (BEV) e híbridos enchufables (PHEV) y para el 2022 se estima que las ventas de estos automóviles alcancen las 6,3 millones de unidades, con una tasa de penetración para dicho año de 6,2%.

Fig. 27: Proyección de ventas de automóviles a combustión interna y eléctricos al 2022



Fuente: Elaborado por Cochilco con información de Wards Intelligence, BCG Capital e IEA

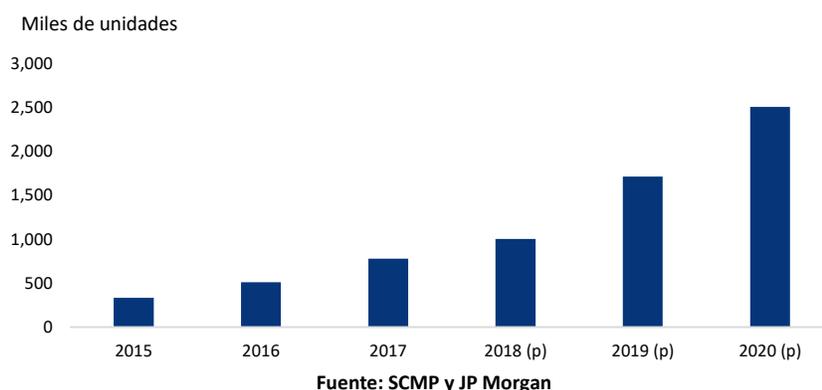
Este nivel de ventas de BEV y PHEV implicaría una demanda mundial de carbonato de litio para la fabricación de baterías de este segmento de 184.000 toneladas al año 2022.



En cuanto a China, en el año 2012 el gobierno comenzó a otorgar subsidios para apoyar las ventas de EV, lo cual ha transformado al país en líder en la comercialización de este tipo de vehículos en el mundo. No obstante, este año comenzó a reducir estos apoyos, esperándose que al 2020 finalicen (Bloomberg, 2018).

Por otra parte, el gobierno chino está impulsando la producción de vehículos eléctricos a través de un sistema de cuotas, lo que requerirá que las compañías automotrices incrementen la proporción de EV en su producción. A partir de 2019, las fábricas que produzcan más de 30.000 unidades anualmente deberán tener al menos un 10% en ventas de vehículos eléctricos. Esta regulación aumentará al 12% al año 2020 y las automotrices que no cumplan con esta meta deberán comprar créditos a aquellas compañías que sobrepasen dicha meta o pagar multas (Ganfeng, 2018). Por otro lado, si bien el gobierno de China tiene como objetivo alcanzar ventas por 2 millones de unidades de EV (PHEV y BEV) al 2020, las proyecciones indican que podría alcanzar hasta 2,5 millones de unidades (figura 25) (J.P. Morgan, 2018).

Fig. 28: Evolución de las ventas de vehículos eléctricos en China (PHEV y BEV)



China, al igual que en otros metales, es el país con el mayor consumo de litio, representando el 43% del total mundial en 2017 (Tianqi, 2018). El fuerte desarrollo de su industria automotriz y de baterías recargables ha logrado que China se transforme rápidamente en el mayor consumidor de litio del mundo.

6. Proyecciones de oferta y demanda mundial de litio

6.1. Proyecciones de oferta mundial

Se espera que la oferta mundial de litio tenga un importante incremento apoyada por nuevos proyectos y expansiones de las operaciones actuales, atendiendo el incremento en su precio.

La oferta alcanzaría las 280.200 toneladas de LCE en el 2018, incrementándose a tasas anuales de 26%, hasta alcanzar las 705.000 toneladas de LCE en el año 2022 (figura 29). Esta cifra se encuentra ajustada, debido a que gran parte de la nueva producción de litio proviene de mineral de roca de Australia y en el corto y mediano plazo existe una limitante para transformarlo en carbonato o



hidróxido de litio, dado que existe insuficiente capacidad en las plantas de conversión para los niveles actuales de producción (Orocobre, 2018).

La oferta de salmuera registraría 147.000 toneladas de LCE el 2018, proyectándose que anote 368.000 toneladas en el año 2022, procediendo principalmente de Chile este incremento (figura 30).

Por su parte, la oferta de mina de mineral de roca alcanzaría las 191.905 toneladas en el año 2018 y 497.905 toneladas de LCE en los próximos cinco años, sin embargo, actualmente la capacidad de las plantas de conversión para transformarlo en compuestos de litio refinados sería solo de 133.200 toneladas de LCE el 2018 (Canaccord Genuity, 2018), mientras que dicha capacidad alcanzaría las 337.000 toneladas en los próximos cinco años.

Algunos proyectos de mineral de roca en Australia, como Mt Holland, Wodgina y compañías como Tianqi, controladora de Talison Lithium, están instalando nuevas plantas de conversión en Australia para suplir esta restricción y dar mayor valor agregado a su producción, lo cual sería una presión adicional a la competitividad de la producción de salmuera en el futuro.

Respecto al año anterior, se mantiene una importante cartera de proyectos, principalmente de Australia, Chile, Argentina, Brasil, Canadá y de países europeos (anexo 9.4), sin embargo, dado el superávit de litio proyectado y al actual escenario de precios, algunos podrían ver retrasada su ejecución.

No se observa la percepción de escasez de litio que existía hace dos años por parte de las empresas consumidores e inversionistas, lo que impulsó fuertemente su precio desde el año 2016 hasta fines del 2017 y aceleró el ritmo de construcción de nuevos proyectos.

Fig. 29: Proyección de la oferta de litio 2018-2022 (compuestos refinados)

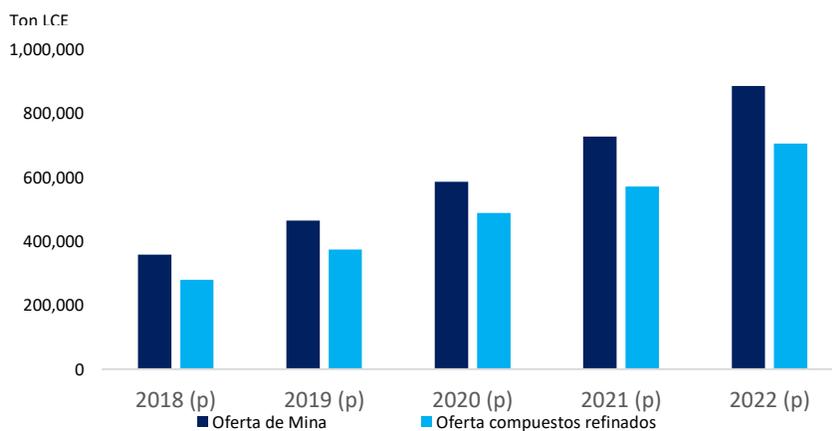
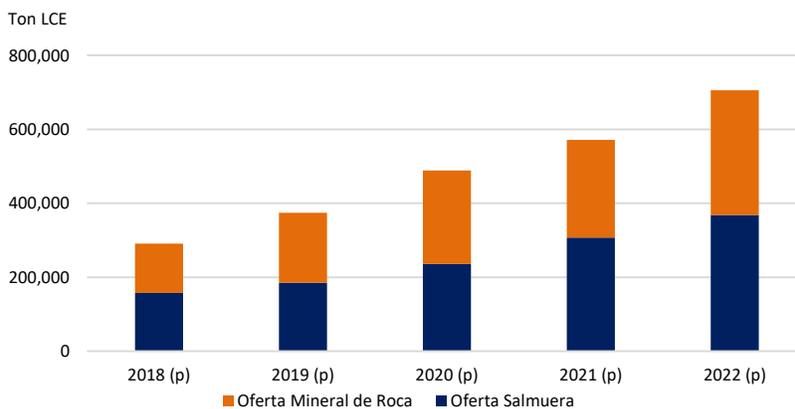


Fig. 30: Proyección de la oferta de conversión de mineral de roca y salmuera



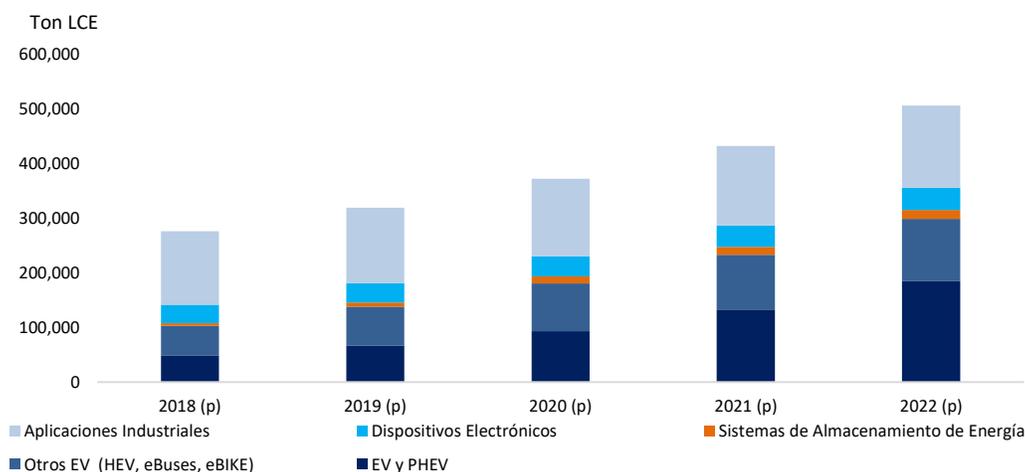
Fuente: Elaborado por Cochilco en base a Canaccord Genuity

6.2. Proyecciones de Demanda mundial

La demanda de litio alcanzó las 221.000 toneladas de LCE en el año 2017 (USGS, 2018), sin embargo, se espera que el 2018 alcance las 275.000 y en los siguientes cinco años se incremente a 505.000 toneladas, de acuerdo a las proyecciones de Cochilco. El mayor crecimiento de la demanda estará en el segmento de baterías para transporte (BEV, PHEV, HEV, ebus y ebike), el cual anotaría 103.000 toneladas de LCE el 2018 y 298.000 toneladas el 2022, lo que refleja la importancia del desarrollo de la electromovilidad en la demanda de litio.

Las previsiones de crecimiento compuesto anual de la demanda se estiman actualmente en 16% para los próximos cinco años, frente a los pronósticos anteriores que se situaban entre el 9% y 13%.

Fig. 31: Proyección de demanda al 2022



Fuente: Elaborado por Cochilco en base a EIA y BMO Capital

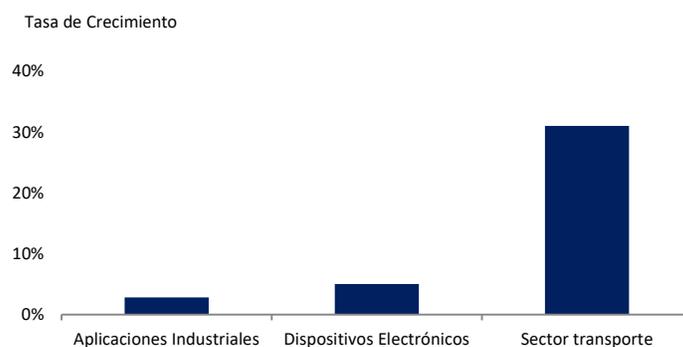
Estas proyecciones de oferta y demanda generarían un superávit en el mercado para el período 2018 - 2022, lo que afectaría los precios. Si bien se estima un leve superávit de 5.200 toneladas de



LCE para el 2018, este evidenciaría una tendencia creciente hasta anotar las 200.000 toneladas el 2022.

Es así como las proyecciones indican un crecimiento anual de la demanda por los próximos cinco años para baterías recargables para el sector transporte de 34%, mientras que los sectores de aplicaciones industriales y de baterías para dispositivos electrónicos evidenciarían crecimientos moderados, de 3% y 5%, respectivamente (figura 32). En cuanto al aumento en el consumo de litio de los sistemas de almacenamiento de energía, aún no se visualiza su real demanda, la que se reflejará en los próximos 5 años.

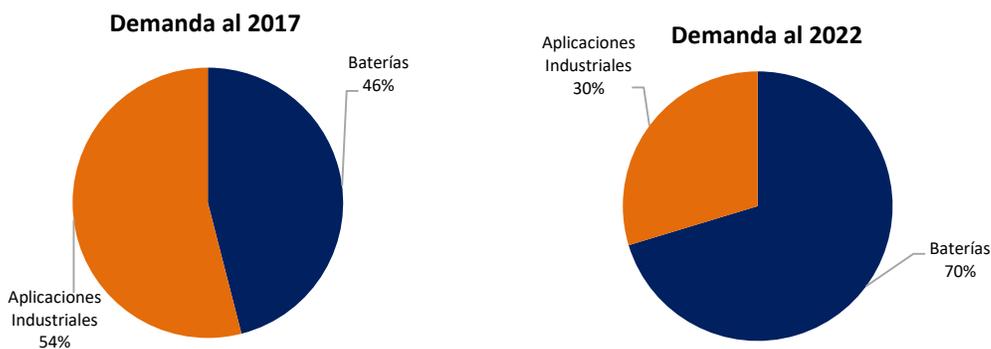
Fig. 32: Estimaciones de crecimiento anual compuesto de demanda por sector en cinco años



Fuente: Elaborado por Cochilco con información de Ganfeng

En cuanto a estimaciones de la participación por consumo final de litio al 2022 se prevé que la demanda para baterías alcance un 70% del total, casi duplicando la participación actual del 46% (figura 33).

Fig. 33: Participación futura de la demanda de baterías en la demanda para baterías



Fuente: Elaborado por Cochilco en base a USGS



7. Comentarios finales

Las inversiones anunciadas en proyectos de litio en Chile para el 2018 afianzan y consolidan al país en el mercado mundial de este metal. Esto permitirá que Chile se proyecte como un actor relevante en la producción de litio en los próximos diez años.

Si bien el cobre se mantendrá en el largo plazo como el principal activo estratégico de la economía chilena, la industria del litio alcanzará en los próximos cinco años exportaciones similares al sector vitivinícola y forestal. Asimismo, esta industria contribuirá con significativos recursos al Estado, los que alcanzarían los US\$ 543 millones el 2018 y US\$ 1.004 millones el 2023 (Corfo, 2018), gracias a los nuevos contratos acordados con las empresas que operan en el salar de Atacama.

Es por ello que políticas adecuadas que permitan a la empresa privada, empresas estatales o asociaciones público/privadas invertir en proyectos de litio serán fundamentales para que esta industria continúe creciendo y aportando con recursos al Estado. Si bien Chile es privilegiado con su potencial geológico en este recurso, no es el único país que posee litio. Otros países europeos, Canadá, Brasil, China y los productores tradicionales como Australia y Argentina están avanzando rápido en producción y/o exploración. Por otro lado, la mayor oferta de litio en el mercado está comenzando a moderar su precio, lo que también es un factor que se debe considerar para definir estrategias de largo plazo.

En ese sentido, Chile tiene múltiples salares que si bien no tienen el tamaño ni riqueza del salar de Atacama podrían incrementar la producción de litio nacional por lo que fomentar la exploración y explotación en estos sería un complemento relevante a la producción actual en el salar de Atacama.

Esta fuerte alza en el consumo de litio gracias a la tendencia explosiva de la electromovilidad en el presente, y que se espera tenga un nuevo impulso en los próximos cinco años con la masificación de los sistemas de almacenamiento de energía, dará la oportunidad para desarrollar localmente este sector con proyectos productivos y al mismo tiempo avanzar en la cadena de valor. La política de Corfo de fomentar la manufactura de litio a través de la producción de cátodos fue un paso importante para potenciar las expectativas de aporte de valor agregado que se espera de este recurso.

La investigación en el campo de las baterías es creciente y vertiginosa por lo que se desconoce cuánto tiempo podría durar la tecnología de las baterías ion litio y el mix de demanda puede cambiar como está sucediendo actualmente, pasando el consumo desde el carbonato al hidróxido, por lo que es importante su explotación sin paradigmas. Asimismo, existen países con gran cantidad de recursos de litio que no pueden explotarlo por su contenido de impurezas u otros factores de índole técnico/económico, pero que con nuevos métodos podrían hacerlo en el mediano plazo, lo que generaría nuevos competidores, ajustando a la baja los precios.

Finalmente, el compromiso con la inversión en entidades y universidades regionales en el norte del país focalizadas en investigación y desarrollo es una variable que debe fortalecerse para aumentar el estándar de sostenibilidad de esta industria.



8. Bibliografía

- J.P. Morgan. (2018). Driving into 2025: The Future of Electric Vehicles.
- Albemarle. (2017). The Challenging Scenario in the Lithium Era.
- BCG. (2018). The Electric Car Tipping Point.
- Bloomberg. (2018). Obtenido de <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-08-24/can-electric-cars-make-china-this-century-s-detroit-quicktake>
- BMO Capital Markets. (2018). Fertilizer and Chemicals.
- BNEF. (2017). When Will Electric Vehicles be Cheaper than Conventional Vehicles?
- BNEF. (2018). <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-03-08/the-battery-will-kill-fossil-fuels-it-s-only-a-matter-of-time>.
- British Geological Survey. (2016). Lithium.
- Canaccord. (2016). *Specialty Minerals and Metals*.
- Canaccord Genuity. (2016). *Specialty Minerals and Metals*.
- Canaccord Genuity. (2018). *Specialty Minerals and Metals*.
- Cochilco. (2013). *Mercado Internacional del Litio*.
- Concordia University. (2017). *Lithium Batteries*.
- Corfo. (2018). Bases de conciliación - Proceso Arbitral Corfo/Sqm.
- Deutsche Bank. (2016). *Lithium 101*.
- El País. (2018). <https://motor.elpais.com/electricos/electrico-hibrido-15-mejores>.
- Fastmarkets . (2018). <https://www.metalbulletin.com/Article/3780751/New-China-lithium-prices-will-help-track-growing-volatile-market.html>.
- Ganfeng. (2018). Application Proof.
- Haymarí, G. M. (2013). *Roca Ígnea Pegmatita*. <http://salesdejujuy.com/>. (13 de 12 de 2017).
- ING . (2018). Breakthrough of electric vehicle threatens European car industry.
- insideevs. (2 de junio de 2018). <https://insideevs.com/seven-electric-cars-biggest-batteries/>.
- International Energy Agency. (2018). Global EV Outlook 2018.
- IRENA. (2018). <http://www.irena.org/>.
- Jato. (2018). Press Release.
- Lenntech company. (26 de 10 de 2017). Obtenido de <https://www.lenntech.es>
- Livent. (2018). Prospectus.
- LSC Lithium Corporation. (2018). An emerging lithium producer.
- Macquarie. (2016). *Lithium Market Outlook*.
- Martínez, J. (2017). *Métodos de estimación del estado de carga de baterías electroquímicas*.
- Morgan Stanley. (2018). *The Long Term Pain of New Supply*.
- Orocobre. (2017). Key concerns for the lithium industry to the end of the decade . *Key concerns for the lithium industry to the end of the decade* .
- Orocobre. (2018). Macquarie Australia Conference Presentation.
- Recarga coches electricos . (18 de 12 de 2017). Obtenido de <http://www.recargacocheselectricos.com/todo-sobre-las-baterias-de-litio/>
- Revista Nueva Minería & Energía. (2018). Electromovilidad, una apuesta país.
- Tianqi. (2018). Application Proof.
- Tianqi. (2018). Application Proof.
- Toyota. (2018). <https://www.toyota.es/world-of-toyota/articles-news-events/2016/como-se-recarga-la-bateria-de-un-hibrido.json>.
- U.S. Geological Survey. (2016). <https://www.usgs.gov/>.
- USGS. (2011).



- USGS. (2014). Obtenido de <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/lithium/mcs-2014-lithi.pdf>
- USGS. (2014). *Lithium For Harnessing Renewable Energy*.
- USGS. (2017).
- USGS. (2018).
- Wards Intelligence. (2018). *Global and U.S. Automotive Outlook*.



9. Anexos

9.1. Pago de regalías SQM

Carbonato de Litio	
Rango de precios US\$/ton	Tasa Comisión Progresiva (%)
0 a 4.000	6,80%
Sobre 4.000 a 5.000	8,00%
Sobre 5.000 a 6.000	10,00%
Sobre 6.000 a 7.000	17,00%
Sobre 7.000 a 10.000	25,00%
Sobre 10.000	40,00%

Hidróxido de Litio	
Rango de precios US\$/ton	Tasa Comisión Progresiva (%)
0 a 5.000	6,80%
Sobre 5.000 a 6.000	8,00%
Sobre 6.000 a 7.000	10,00%
Sobre 7.000 a 10.000	17,00%
Sobre 10.000 a 12.000	25,00%
Sobre 12.000	40,00%

9.2. Pago de regalías Albemarle

Carbonato de Litio	
Rango de precios US\$/ton	Tasa Comisión Progresiva (%)
0 a 4.000	6,80%
Sobre 4.000 a 5.000	8,00%
Sobre 5.000 a 6.000	10,00%
Sobre 6.000 a 7.000	17,00%
Sobre 7.000 a 10.000	25,00%
Sobre 10.000	40,00%

Hidróxido de Litio	
Rango de precios US\$/ton	Tasa Comisión Progresiva (%)
0 a 4.000	6,80%
Sobre 4.000 a 5.000	8,00%
Sobre 5.000 a 6.000	10,00%
Sobre 6.000 a 9.000	17,00%
Sobre 9.000 a 11.000	25,00%
Sobre 11.000	40,00%

9.3. Regulaciones y objetivos del gobierno sobre vehículos eléctricos

China	5 millones de vehículos eléctricos vendidos al 2020
Unión Europea	15% de las ventas de automóviles al 2025 y 30% al 2030 deben ser vehículos eléctricos
India	30% de las ventas de automóviles al 2030 deben ser vehículos eléctricos
Japón	20% a 30% de las ventas de automóviles al 2030 deben ser vehículos eléctricos
Holanda	10% de la participación de mercado deben ser vehículos eléctricos al 2020
Noruega	100% de las ventas de automóviles al 2025
Francia	Prohibición de los automóviles a combustión interna al 2040
Eslovenia	100% de las ventas de automóviles al 2030
Nueva Zelanda	64.000 de vehículos eléctricos al 2021
Corea del Sur	64.000 de vehículos eléctricos al 2022
Finlandia	250.000 de vehículos eléctricos al 2030
Reino Unido	Prohibición de los automóviles a combustión interna al 2040



9.4. Proyectos

Proyecto	Compañía	País	Puesta en marcha Proyectada	Etapas de ingeniería	Permisos ambientales	Financiamiento	Capacidad Producción (LCE)	Tipo de Proyecto	Fuente
Wodgina	Mineral Resource	Australia	2018	Construcción	✓	✓	100.000	Nuevo	Mineral
Pilgangoora Lithium Tantalum Project Fase 2	Pilbara Minerals	Australia	2019	Factibilidad	✓	✓	67.000	Nuevo	Mineral
Pilgangoora Lithium Fase 2	Altura Mining	Australia	2019	Factibilidad	✓	✓	30.000	Nuevo	Mineral
Mibra Fase 2	AMG	Brasil	2019	Factibilidad	✓	✓	12.000	Nuevo	Mineral
Ampliación Salar del Carmen	SQM	Chile	2020	Construcción	✓	✓	45.000	Expansión	Salmuera
Authier	Sayona	Canadá	2019	Factibilidad Terminada	✓		13.000	Nuevo	Mineral
Whabouchi	Nemaska	Canadá	2019	Construcción	✓	✓	33.000	Nuevo	Mineral
Caucharí-Olaroz	Minera Exar (LAC- Ganfeng)	Argentina	2020	Pre-Factibilidad	✓	✓	25.000	Nuevo	Salmuera
Fénix	Livent (ex FMC)	Argentina	2020	Factibilidad		✓	16.000	Expansión	Salmuera
Mina do Barroso	Savanna	Portugal	2020	Factibilidad			23.000	Nuevo	Mineral
Keliber Lithium Project	Keliber Oy	Finlandia	2020	Factibilidad Terminada			10.745	Nuevo	Mineral
Rose	Critical Elements	Canadá	2020	Factibilidad Terminada			31.500	Nuevo	Mineral
Olaroz fase 2	Orocobre	Argentina	2020	Factibilidad Terminada		✓	25.000	Expansión	Salmuera
Producción de sales Maricunga	Simco	Chile	2020	Factibilidad Terminada			14.300	Nuevo	Salmuera
Proyecto Blanco	Mineras Salar Blanco	Chile	2022	Factibilidad Terminada			20.000	Nuevo	Salmuera
Clayton Valley Project	Pure Energy	Estados Unidos	2021	Pre-Factibilidad			9.000	Nuevo	Salmuera
Wolfsberg Lithium Project	European Lithium	Austria	2021	Pre-Factibilidad Terminado			8.900	Nuevo	Mineral
La Negra 3	Albemarle	Chile	2021	Factibilidad		✓	42.500	Expansión	Salmuera
Mt Holland	Kidman-SQM	Australia	2021	Factibilidad		✓	40.000	Nuevo	Mineral
Centenario Ratones	ERAMET	Argentina	2021	Factibilidad			20.000	Nuevo	Salmuera
Rincon Lithium project Fase 1	Rincon Ltd Sentient Equity Partners	Argentina	2021	Factibilidad			25.000	Nuevo	Salmuera
Greenbushes	Talison	Australia	2021	Construcción	✓	✓	80.000	Expansión	Mineral
Ampliación Carbonato de Litio	SQM	Chile	2022	Factibilidad Terminada		✓	110.000	Expansión	Salmuera
Thacker pass Project Fase 1	Lithium Nevada (LAC)	Estados Unidos	2022	Pre-Factibilidad Terminada			30.000	Nuevo	Arcilla
Jadar	Rio Tinto	Serbia	s/i	Pre-Factibilidad		✓	s/i	Nuevo	Mineral
Clayton Valley Lithium Project	Cypress	Estados Unidos	s/i	Pre-Factibilidad			s/i	Nuevo	Arcilla
Cinovec	European Metals	Checoslovaquia	s/i	Pre-Factibilidad Terminado			22.500	Nuevo	Mineral
Goulamina Lithium Project	Birimian	Mali	s/i	Pre-Factibilidad Terminado			48.000	Nuevo	Mineral
PAK Lithium Project	Frontier Lithium	Canadá	s/i	Pre-Factibilidad Terminado			10.000	Nuevo	Mineral
San José Project	Infinity Lithium Corporation	España	s/i	Factibilidad			15.000	Nuevo	Mineral
James Bay	Galaxy	Canadá	s/i	Factibilidad			s/i	Nuevo	Mineral
Sal de los Ángeles	Lithium X	Argentina	s/i	Factibilidad			20.000	Nuevo	Salmuera
Rincón	Enirgi	Argentina	s/i	Factibilidad Terminada			50.000	Nuevo	Salmuera
Sonora	Bacanora Minerals	México	s/i	Factibilidad Terminada	✓		35.000	Nuevo	Arcilla
Sal de Vida	Galaxy	Argentina	s/i	Factibilidad Terminada		✓	25.000	Nuevo	Salmuera

Fuente: Elaboración Cochilco en base a SEA y propias empresas



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

Francisco Donoso Rojas

Analista de Mercado

Victor Garay

Coordinador de Mercados

Jorge Cantallopts

Director de Estudios y Políticas Públicas

Diciembre de 2018

