
LA HERENCIA DE ERCILLA: “CHILE FÉRTIL PROVINCIA SEÑALADA...” HABLEMOS DEL LITIO

Las decisiones globales en orden de efectuar esfuerzos por disminuir las emisiones de gases con efecto invernadero, provocada por el impulso de la actividad industrial durante los últimos 100 años (que ha generado un aumento significativo de la temperatura sobre el planeta -calentamiento global- y múltiples efectos que parecen conducir a escenarios críticos de sobrevivencia), han empujado la búsqueda de respuestas que de algún modo y en lo inmediato, permitan contener el fenómeno.

En ese contexto, los acuerdos ligados al uso de fuentes de energía basadas en recursos no fósiles han impulsado la búsqueda de innovaciones en la industria, particularmente en procesos productivos y de movilidad. Respecto de esto último, la “electromovilidad” constituye un impotente factor de desarrollo tecnológico de vehículos eléctricos que utilizan baterías, cuya composición incluye litio, junto al cobre y otros minerales.

El boom de los vehículos eléctricos ha llevado a las principales compañías automotrices a avanzar en ese camino, generando un aumento creciente de la demanda por baterías eléctricas cuyo rendimiento sea cada vez más eficiente, un aspecto no menor aún por resolver. China ha desarrollado algunas de sus plantas industriales asociada con grandes compañías como Volkswagen instaladas en territorio alemán lo que permite la penetración del importante mercado europeo.

La expresión de Elon Musk al decir de la estrategia chilena del litio, en tanto lo que importa no es el mineral por sí mismo (del que hay relativa abundancia), sino su purificación, orienta de buena manera la complejidad que todo esto encierra, dado que no se trata solo de uno de los minerales involucrados, sino de un complejo proceso que encierra el alcanzar electromovilidad eficiente y que ello contribuya a contener el calentamiento global.

En ese largo y complejo proceso inserto enteramente en el mundo global, Chile, como productor de litio, tiene un muy acotado protagonismo de carácter extractivo que está sujeto a múltiples actores y eventuales condicionamientos que operan en el mercado mundial, unido a una perspectiva que no logra despejar incertidumbres, dado que la búsqueda de fuentes de energías limpias no fósiles incluye importantes avances científicos y tecnológicos en otras alternativas que pudieran, el día de mañana, ser mucho más eficaces, menos costosas y universalmente accesibles.

Hay adicionalmente en todo esto, una dimensión geoestratégica derivada de las proyecciones económicas y comerciales de esta industria. Su desarrollo científico, tecnológico y comercial, no es independiente de la influencia cultural, social y política de los países que lideran su desarrollo. EE.UU. y su disputa con China por factores de influencia geoestratégica con caracteres de criticidad, ve con cierta inquietud el avance del gigante asiático en su acercamiento con importantes inversiones en el hemisferio sur de América, en especial en el denominado “*Triángulo del Litio*” que sitúa a Bolivia, Argentina y Chile con casi la mitad de las reservas mundiales del mineral. Se inserta así, una dimensión cada vez más importante y recurrente en las decisiones significativas de inversión que atañen a los países y que exceden la sola lógica que impera en el ámbito comercial.

CONOCIENDO AL LITIO

Según lo señala el Royal Society of Chemistry del Reino Unido, en 1790 el naturalista brasileño José Bonifácio de Andrada e Silva, en la isla sueca de Utö, descubrió la *petalita*, material natural del cual se puede extraer el litio. Posteriormente, en 1817, Johan August Arfvedson realizó una serie de análisis y dedujo que se encontraba frente a un metal previamente desconocido, al cual denominó litio. No fue hasta 1855 que el químico alemán Robert Bunsen y el químico británico Augustus Matthiessen, lo obtuvieron en grandes cantidades mediante electrólisis. Una vez que se anunció el descubrimiento del litio, otros pronto lo encontraron presente en todo tipo de cosas, como uvas, algas marinas, tabaco, verduras, leche y sangre.



Fragmento de 3 x 4 cm de Petalita obtenido en el Estado de Minas Gerais, Brasil.

En estado puro el litio tiene un color blanco, aunque no resulta fácil encontrarlo en este formato por su alta reacción con el agua y el nitrógeno de la atmósfera. Por ello, tiende a gris y se convierte en rojo cuando se le suma un poco de fuego. Es un metal blando, el más liviano conocido, que tiene excelentes propiedades de conducción del calor y la electricidad, y encabeza el grupo de metales alcalinos de la tabla periódica de los elementos. En algunas publicaciones, se especula que

el litio, junto con el hidrógeno y el helio, fue uno de los tres elementos que se crearon durante lo que se conoce como el *Big Bang*.

Dadas sus propiedades, el litio se ha convertido en un mineral altamente demandado para diversos procesos o la fabricación de artefactos de uso cada vez más generalizado, más allá de su empleo en la fabricación de baterías o acumuladores de energía. Por ejemplo, su aleación con el aluminio y el magnesio fortalece la resistencia de dichos elementos; pero, además, los vuelve más ligeros. La aleación de litio y aluminio se utiliza en la industria aeronáutica, la industria de los trenes de alta velocidad, o en algo tan sencillo como la fabricación de bicicletas. Por su parte, la aleación con el magnesio se emplea en la fabricación de chalecos y protecciones antibalas.

Mientras el óxido de litio se emplea para fabricar vasos y ciertos productos de cerámica, el cloruro de litio se utiliza en aparatos de aires acondicionados, sistemas de secado industriales o la fabricación de caucho sintético. Pero eso no es todo: el litio también se utiliza en la industria farmacéutica. Pese a que es moderadamente tóxico, su empleo en pequeñas cantidades y dadas sus propiedades de conducción de señales eléctricas, este mineral se encuentra en medicamentos para el tratamiento de trastornos asociados a la bipolaridad. (Todavía no se sabe con certeza cómo funciona, pero parece evitar la sobreproducción de mensajeros químicos en el cerebro).

No obstante, el imperativo por una economía más limpia y la sostenibilidad ambiental han transformado, en las últimas décadas, a la electromovilidad en un vector de cambio a nivel global, convirtiéndose ésta en la causa más importante del cambio que ha experimentado el mercado del litio. Sin duda los vehículos eléctricos, los artículos electrónicos de uso diario y el almacenamiento de energía, modificaron el mercado común del litio, al punto que se estima que el 80% de dicho mercado, se destina a la fabricación de baterías. (Otros usos: cerámica y vidrio, 7%; grasas lubricantes, 4%; polvos fundentes para moldes de colados continuos, 2%; tratamiento del aire, 1%; farmacéutico, 1%; otros usos no especificados, 5%).

FUENTES DEL LITIO

En general se pueden distinguir cuatro fuentes potencialmente explotables de litio en estado natural: a partir de mineral de roca (pegmatitas); en salmueras, típicamente en reservorios acuosos continentales; en depósitos geotérmicos; y en arcillas. La siguiente tabla muestra una clasificación, no exhaustiva, de estas categorías según el tipo de depósito, participación estimada de sus recursos a nivel mundial y el estado natural en que se encuentran.

Tipo	Tipos de depósitos	Part. mundial	Estado natural	Ubicación mayores depósitos
Pegmatitas	Esodumeno, petalitas, lepidolitas, ambligonita y eucryptita, mica	27%	Roca dura (a partir de magma cristalizado bajo la superficie terrestre)	Australia, EE.UU., RDC, Canadá
Salmueras en reservorios acuíferos	Salares y lagunas continentales	60%	Salmueras (arenas, agua y sales minerales)	Triángulo del litio (Chile, Argentina, Bolivia), Zabuye (China)
Salmueras en depósitos geotérmicos	Acuíferos formados por la circulación de aguas calientes a partir de fracturas terrestres	3%	Solución salina disuelta a altas temperaturas junto a otros minerales	Frontera California-México, Alemania (Rhine Graben), norte de Chile
Arcillas	Arcillas, toba volcánica, rocas evaporitas lacustres	7%	Arcillas minerales de esmectita (arcilla)	EE.UU. (Nevada), México (Sonora), Chile (Llamará)
Zeolitas	Capas de jadarita, mineral de silicato de la familia de las zeolitas	3%	jadarita (evaporita lacustre)	Serbia (Jadar)

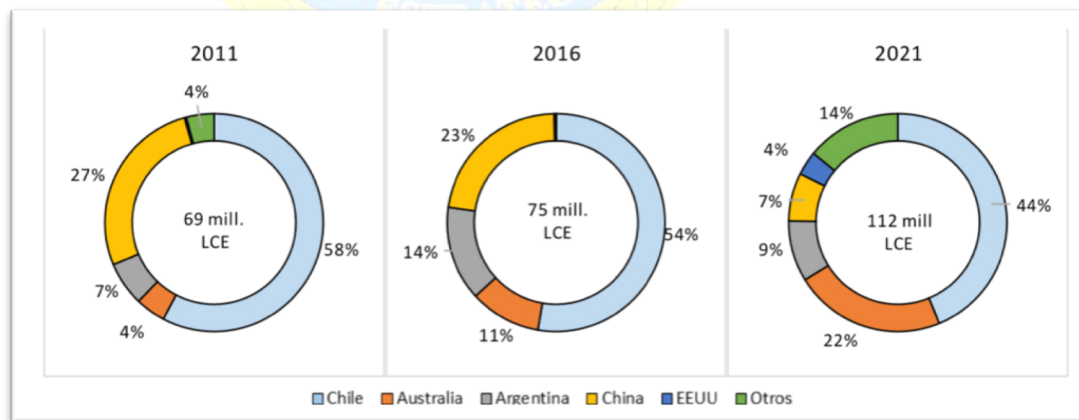
Litio en estado natural potencialmente explotable

Fuente: COCHILCO
 “El mercado del litio – Desarrollo reciente y proyecciones al 2030”.

Los depósitos de salmueras son los más abundantes a nivel mundial y se concentran en el llamado “*triángulo del litio*”, localizado en la zona comprendida entre el norte de Chile y Argentina, y el sur boliviano; con Chile abarcando cerca de dos tercios de las reservas de litio provenientes de salmueras. Sin embargo, los yacimientos en rocas, si bien actualmente cuentan con una explotación concentrada en Australia, están ampliamente distribuidos a nivel mundial. En la actualidad estos dos tipos de depósitos son las dos únicas fuentes de producción de litio, a nivel industrial, desde fuentes naturales.

Las reservas

La siguiente figura muestra las reservas de litio por país de acuerdo a la clasificación del Servicio Geológico de los EE.UU. (USGS, por sus siglas en inglés) en tres momentos del tiempo: 2011, 2016 y 2021.



Fuente: COCHILCO
 “El mercado del litio – Desarrollo reciente y proyecciones al 2030”. LCE: en toneladas. Concentrado de Litio Equivalente.

Hasta el año 2021, Chile se posicionaba como líder en reservas de litio, concentrando el 44% del total mundial. Estas reservas chilenas se obtienen exclusivamente a partir de salmueras. En segundo lugar, se encuentra Australia con el 22% de las reservas, que principalmente viene de rocas de espodumeno. Argentina ocupa el tercer lugar con un 9% de las reservas totales, y al igual que Chile, sus reservas son exclusivamente de salmuera.

Las reservas mundiales han aumentado, respondiendo a las actividades de prospección y exploración. Muestra de ello es la noticia que la prensa internacional divulgó a principios de marzo del presente año: en Irán se habría descubierto un yacimiento con reservas de litio que alcanzarían los 8,5 millones de toneladas, colocando a ese país después de Chile y antes de Australia.

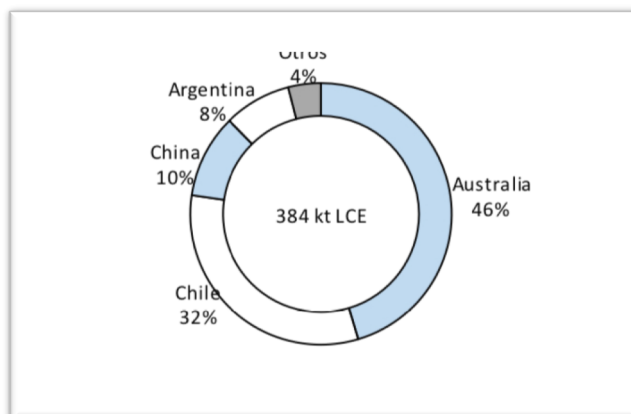
Las técnicas extractivas.

Hasta ahora, las principales técnicas de extracción de litio son la minería de roca en yacimientos subterráneos o a rajo abierto (52%); y la evaporación y precipitación de salmueras (48%); siendo marginal la cantidad que se extrae desde arcillas. En 2022, la mayor parte de la producción mundial de litio provino de seis explotaciones mineras en Australia; una explotación de residuos mineros en Brasil; dos explotaciones de salmueras en Argentina y Chile; y tres explotaciones mineras y dos de salmueras en China.

La obtención del litio presenta grandes desafíos ambientales y, en especial, un uso intensivo de agua. Las salmueras se extraen y se dejan evaporar en piscinas generando con ello una “huella hídrica” no menor, especialmente en los lugares donde la escasez de agua es evidente, como el norte de Chile. Dado lo anterior, en la actualidad se experimenta con nuevas tecnologías, denominadas “Extracción directa de Litio”, técnica que se estaría estudiando emplear por la empresa pública nacional boliviana en convenio con consorcios chinos.

Producción de litio a nivel global

Australia es el principal productor a nivel mundial, contribuyendo cerca de la mitad de la producción mundial (46%). Le sigue Chile (32%), China (10%) y Argentina (8%).

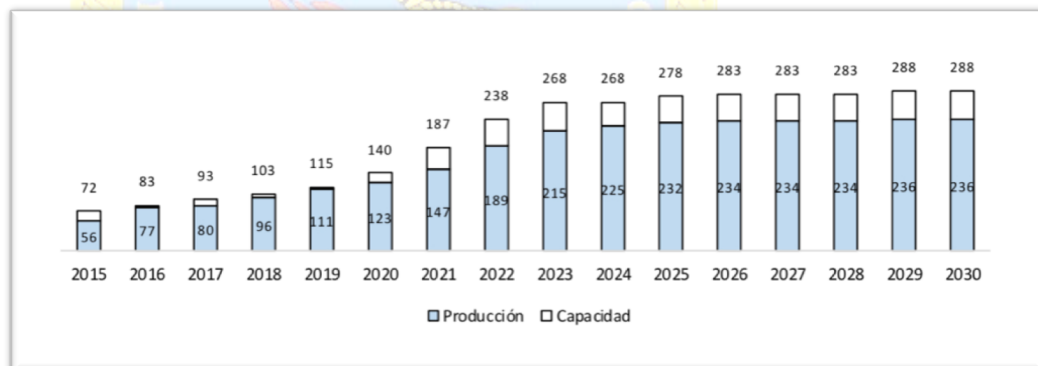


Con participaciones relativamente marginales, sumando en conjunto un 4% de la oferta, están Brasil, EE.UU., Portugal, Zimbabue y Canadá.

Producción de litio en Chile

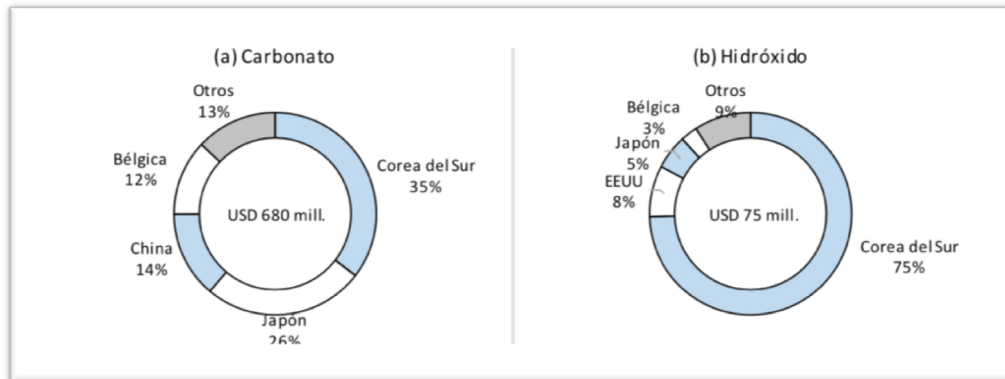
En Chile operan dos empresas en la minería del litio: la Sociedad Química y Minera de Chile -SOQUIMICH o SQM- y Albemarle, ambas con operaciones en el Salar de Atacama, la mayor reserva de litio en forma acuífera a nivel mundial.

La figura siguiente muestra los aumentos de capacidad de producción real desde 2015 a 2020, y la proyección de producción nacional estimada por COCHILCO desde 2021 en adelante. (Cifras en miles de toneladas).



El destino del Litio chileno

Corea del Sur, Japón y China son los principales importadores de los productos chilenos de litio, y en conjunto representan cerca del 80% del total. Esto se explica por el hecho de que los fabricantes de baterías de ion-litio se encuentran principalmente en estos países asiáticos. Resulta



interesante señalar que este punto se ha esgrimido como un motivo para desistir de la construcción de una cadena de valor agregada, a partir de dar incentivos para el establecimiento de fabricantes de baterías o sus componentes, como ha buscado Corfo.

Fuente: COCHILCO

"El mercado del litio – Desarrollo reciente y proyecciones al 2030".

La composición de la canasta exportadora chilena sufrió un cambio radical en 2022, debido al explosivo aumento en los precios del litio. De una venta anual promedio de US\$ 780 millones entre 2017 y 2021, los embarques de carbonato de litio sumaron US\$ 7.763 millones en 2022, de acuerdo con el compilado de cifras actualizadas del Banco Central; aumentando en un 777% respecto de 2021. De esta manera, el carbonato de litio se ubicó como el segundo producto no cobre más exportado de Chile el año pasado, superando por ejemplo al salmón (US\$ 6.227 millones), hierro (US\$ 1.682 millones) y cereza (US\$ 2.030 millones). (En 2021, las exportaciones de cobre concentrado fueron por US\$ 22.719 millones y las de cátodo de cobre por US\$ 18.213 millones)

La importancia estratégica del Litio

- Aunque las reservas estimadas de litio en relación a la demanda actual nos permiten clasificarlo como un mineral no escaso, si se considera el crecimiento exponencial de su demanda, dicha condición debería cambiar.
- El litio es un mineral que, por sus características, permite almacenar más energía en menos peso. Esto marca la deferencia en su empleo para la confección de acumuladores de energía para equipos tecnológicos y la electromovilidad.
- El litio se encuentra desigualmente distribuido a nivel global. Si hablamos del recurso litio (existencia del mineral), Argentina (18 %), Bolivia (17 %) y Chile (16 %) juntos poseen el 51% de los recursos mundiales de litio, lo que ha llevado a denominar dicha área como el "triángulo del litio". Si hablamos de reservas de litio (recursos que son económica y

tecnológicamente factibles de extraer), Chile es quien más posee, con un 48 % del total global, al 2022.

Es importante señalar aquí, que los porcentajes de litio almacenados en el Salar de Atacama son significativamente superiores a otros salares del mundo, entre los cuales se encuentran los más importantes de Sudamérica como son el Salar de Uyuni (Bolivia) y el de Hombre Muerto (Argentina). Por su alta concentración de litio y de otras sales de interés económico, la composición salina del Salar de Atacama es profundamente ventajosa respecto a las demás.

Porcentaje peso de litio contenido en salmueras

SALAR	CANTIDAD DE LITIO
Salar de Atacama, Chile	0,157 %
Salar Hombre Muerto, Argentina	0,121 %
Sabuye, China	0,0489 %
Salar de Uyuni, Bolivia	0,0321 %
Claynton Valley, EE.UU.	0,0163 %
Searles Lake, EE.UU.	0,0054 %
Sua Pan, India	0,002 %
Dead Sea, Israel	0,0012 %

- Considerando la actual tendencia hacia la disminución del empleo de las energías fósiles y el aumento del interés por las energías renovables en el marco del acelerado cambio climático, el litio constituye un factor clave para la emergencia y el despliegue de un nuevo paradigma tecnológico y económico, basado en la generación, el almacenamiento, la distribución y el consumo eficiente y sustentable de las energías renovables.
- No es aventurado señalar que el litio y su gestión podría agudizar las tensiones internacionales. En transición desde la era de las energías fósiles hacia el nuevo paradigma de las renovables, el litio está jugando un rol importante en la reconfiguración del orden actual, y otorgando ventajas importantes a quienes asuman dicha transición en sus distintos niveles organizativos, desde las potencias globales a las grandes corporaciones, que se disputan un lugar en la reconfiguración de la arquitectura energética mundial. Así como el carbón durante los siglos 18 y 19, y el petróleo durante el siglo 20 hasta la actualidad, el litio podría intensificar procesos de conflictividad en los distintos países que poseen dichos recursos.

Por ejemplo, China avanza de manera intensiva en las distintas escalas de la cadena de valor del litio. Sus empresas han realizado fuertes inversiones, tanto en la adquisición de empresas controladoras de salares, como en la instalación de fábricas de baterías.

En Argentina, el año 2022 y con la participación de instituciones gubernamentales de China y Argentina, la empresa china Gangfeng, adquirió el grupo minera argentino Lithea, por US\$ 962 millones, y anunciaron la construcción de plantas para fabricar baterías de ion-litio.

Bolivia se encuentra en pleno proceso para licitar contratos de explotación de litio. De las seis empresas en competencia, cuatro son chinas, una rusa y una estadounidense.

La minera Tianqi Lithium es la empresa china con mayor presencia en la minería chilena. En 2018 adquirió 24% de las acciones de la Sociedad Química y Minera de Chile (SQM), controladora del Salar de Atacama, en US\$ 4.100 millones.

¿Un cisne negro? La Batería de Sodio¹

Pese a que aceptan solo unos pocos ciclos de carga-recarga -lo que dificulta por el momento su utilización a gran escala- las actuales baterías basadas en la química del sodio (Na) poseen una alta densidad de carga, presentan buenas cualidades ambientales, no son inflamables y funcionan bien a bajas temperaturas; lo que sumado a que este elemento es barato, abundante y que comparativamente pueden resultar más económicas que las baterías de ion litio, hacen que el sodio sea considerado como un metal prometedor en el desarrollo de nuevas tecnologías para la acumulación de energía.

Investigadores del Laboratorio Nacional del Noroeste del Pacífico (PNNL) del Departamento de Energía de los Estados Unidos, ya han desarrollado baterías de iones de sodio con longevidad extendida, variando la composición del electrolito, estableciendo bases -más que prometedoras- para una batería que, producida a escala industrial, llegue a reemplazar la actual tecnología basada en iones de litio. La revista *Wired* se refiere a ello en los siguientes términos: *“China olvida el litio y toma la delantera en la fabricación alternativa de baterías de sodio...desarrollando tecnologías alrededor de su durabilidad, estabilidad y sostenibilidad en laboratorios respaldados por empresas como la alemana BASF, el mayor fabricante global de productos químicos”*.

Si China o cualquier otro país o corporación, logra industrializar la fabricación de baterías que utilicen iones de sodio, la efervescencia que este mineral y su explotación ha producido en el último tiempo carece de sentido. Si a lo anterior sumamos los altos precios del litio, la escasez de materiales prevista en un futuro cercano, y las dificultades que representa separarnos de un modelo extrativista sin añadir valor agregado, hacen necesario que, como país productor de litio, mantengamos atención preferente a la evolución de esta tecnología.

Agradeceremos sus comentarios a e-mail goliger@cedestra.cl

¹La batería de sodio. Avances en su desarrollo. Biblioteca del Congreso Nacional. Marzo 2023.