

THE



INTERNATIONAL LITHIUM ASSOCIATION (ILiA)

LITHIUM VOICE

La revista de la Asociación Internacional de Litio (ILiA)

Edición nro. 7, 2024
ISSN 2755-354X

Conversación con
el Prof. David F. Boutt

¿Quién descubrió el litio?

Dr. Luis Lucero, Secretario
de Minería de Argentina

SALARES

Una fuente
de litio esencial



ILiA Conexiones



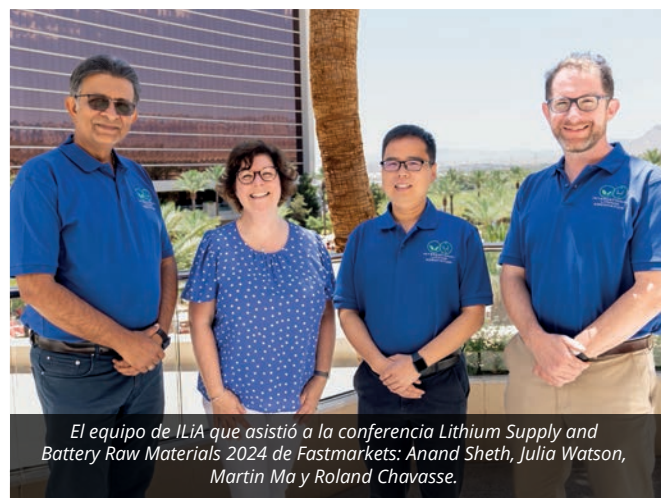
El Presidente Fundador de ILiA, Anand Sheth, en la Lithium Summit de Hyderabad, India, en junio de 2024 (Créditos: CMA India).



El Secretario General Roland Chavasse se reúne con Wang Zeshen, Secretario General de la Asociación Industrial de Fuentes de Energía de China (CIAPS) en la Feria Internacional de Baterías de China (CIBF) de 2024.



Miembros de ILiA e invitados en interconexión durante la reunión anual de miembros en Las Vegas, NV, EE. UU., celebrada durante la conferencia Lithium Supply and Battery Raw Materials de 2024 de Fastmarkets.



El equipo de ILiA que asistió a la conferencia Lithium Supply and Battery Raw Materials 2024 de Fastmarkets: Anand Sheth, Julia Watson, Martin Ma y Roland Chavasse.



Roland Chavasse se reunió con Thomas Näsström y Klas Helmersson en el Utö Gruv- & Hembygdsmuseum, Utö, Suecia, para conocer el lugar donde se descubrieron por primera vez la petalita y la espodumena.



Astrid Karamira visita la Companhia Brasileira de Lítio (CBL) en el valle de Jequitinhonha, en el noreste de Minas Gerais, Brasil. (Créditos: CBL).

ÍNDICE

2 Conexiones

Trabajo en red y eventos en todo el mundo

4 Entrevista con el Dr. Luis Lucero

Secretario de Minería de Argentina

6 Los salares

Una introducción breve

12 ¿Quién descubrió el litio?

Cómo se descubrió, denominó y estudió el litio por primera vez

16 Vista desde Europa

David Merriman de Project Blue informa desde la región

17 Vista desde Norteamérica

S&P Global Commodity Insights informa desde la región

18 Vista desde Sudamérica

Daniel Jiménez de iLiMarkets informa desde la región

19 La sostenibilidad en primer plano

Interacción con las comunidades en Brasil

20 Conversación con el Profesor David Boutt

22 Nueva guía sobre el ACV del litio (2ª parte)

El proyecto de ILiA para calcular la huella de escasez de agua de los productos

THE
INTERNATIONAL LITHIUM ASSOCIATION (ILiA)
LITHIUM VOICE

La revista de la Asociación Internacional de Litio (ILiA)

Edición nro. 7, 2024
ISSN 2755-354X

Septiembre de 2024

Colaboradores

Anand Sheth
Roland Chavasse
Rowan Halkes
Andrew Hughes
Evi Petavratzi
Thomas Butcher
David Merriman
Adriana Carvalho
Daniel Jiménez
Astrid Karamira

Publicidad

info@lithium.org

Creativos

GFI PROJECTS

Traducción

mind translations
mind over translation matters

* referencias disponibles a solicitud



La revista The Lithium Voice es una publicación de la Asociación Internacional de Litio (International Lithium Association Ltd) registrada en el Reino Unido (#13299086) en Cannon Place, 78 Cannon Street, Londres EC4N 6AF, Reino Unido.

Aviso legal: La Asociación Internacional de Litio (ILiA) ha hecho todo lo posible por asegurar que la información proporcionada sea correcta. Sin embargo, ILiA no declara ni garantiza que la información contenida en esta publicación sea correcta ni que sea apta para cualquier uso general o específico. Se informa al lector que el material contenido en esta publicación solo tiene fines informativos; no se debe utilizar ni ser la base para ninguna aplicación específica o general sin antes obtener asesoramiento competente. ILiA, sus miembros, personal y consultores no asumen ningún tipo de responsabilidad por pérdidas, daños, costos o lesiones derivados del uso de esta información o de la confianza depositada en ella.

© Derechos de autor: International Lithium Association Ltd, 2024

Palabras de bienvenida DEL PRESIDENTE



Les doy la bienvenida a la edición nro. 7 de *The Lithium Voice*, cuyo artículo de tapa está dedicado a los salares. Estos son uno de los recursos más críticos del litio que se necesita para cumplir el objetivo mundial de una economía renovable y descarbonizada. El Servicio Geológico Británico (BGS) explica cómo se crean los salares y en qué se diferencian el agua y la salmuera hipersalina de los salares, un aspecto que suele malinterpretarse.

Tenemos el honor de conversar con el Dr. Luis Lucero, Secretario de Minería de Argentina, sobre la criticidad e importancia del litio, no solo para Argentina sino para todo el mundo. Argentina es el segundo productor mundial de litio y forma parte del "triángulo de (la salmuera de) litio".

En este trimestre, estamos *En conversación* con el profesor David Boutt, de la Universidad de Massachusetts en Amherst y Socio Honorario de ILiA. El Prof. Boutt explica por qué nociones de hidrogeología, física y geología ayudan a crear modelos de la compleja dinámica de los salares y qué fue lo primero que le atrajo del litio.

Como recordarán, ILiA publicó a principios de este año una guía para calcular la huella de carbono de los productos, que fue muy bien recibida. Ahora hemos iniciado un proyecto para calcular la huella de escasez de agua de los productos y el Subcomité de Litio Sostenible nos pone al tanto de los avances que obtuvo hasta la fecha.

¡El artículo "¿Quién descubrió el litio?" nos embarca en el interesante viaje de su descubrimiento e historia, que sin duda disfrutarán! Su publicación coincide con un viaje realizado recientemente por nuestro Secretario General a la isla sueca de Utö, donde se descubrieron por primera vez minerales de litio.

Por último, no olviden visitar nuestro sitio web www.lithium.org, donde encontrarán la información más reciente sobre las conferencias y eventos relacionados con el litio en todo el mundo.

Anand Sheth
Presidente fundador

El litio y la Argentina

UN FUTURO BRILLANTE JUNTOS

Recientemente, *The Lithium Voice* obtuvo una entrevista exclusiva con el Dr. Luis Lucero, Secretario de Minería de Argentina. Antes de su nombramiento en marzo de 2024, el Dr. Lucero trabajó como abogado del sector y socio del bufete Marval O'Farrell Mairal.



Foto: Secretaría de Minería de Argentina

Secretario, gracias por hacerse un tiempo para hablar con *The Lithium Voice*.

En su primer discurso como Secretario de Minería, se mostró muy optimista respecto al litio. ¿Cómo resumiría su visión de la industria del litio en Argentina?

La industria del litio ha impulsado el desarrollo en tres provincias del noroeste de nuestro país y, en particular, ha beneficiado a las comunidades vecinas a los proyectos, muchas de las cuales se encuentran en la región de la Puna, una zona históricamente desatendida. Participé directamente en la reciente puesta en marcha del proyecto Centenario Ratones, que me permitió conocer de primera mano lo que implica un proyecto minero de esta envergadura. Para las comunidades locales, se trata de un activo socioeconómico que mejora la infraestructura, desarrolla a los proveedores locales y crea empleos bien remunerados y servicios públicos. Es un círculo virtuoso que hay que mantener.

En Argentina hay cerca de 50 proyectos de litio, que abarcan desde la exploración hasta la producción. ¿Qué mensaje desea transmitir a quien esté evaluando invertir en activos de litio de Argentina?

Se trata de una oportunidad extraordinaria para quienes deseen invertir en nuestro país. Los ojos de la

comunidad mundial de inversores en minería están puestos en Argentina, lo cual es muy prometedor para nosotros. Un buen ejemplo es la reciente decisión de BHP, una de las empresas de minería más grandes del mundo, de invertir en Argentina. Estamos trabajando en marcos normativos que garanticen nuestra competitividad a nivel regional y mundial.

Desde 2020, las empresas de minería han anunciado inversiones por un total de unos USD 10 900 millones para diversas etapas de desarrollo de proyectos de litio, lo que subraya el potencial del país para este recurso. Ahora, Argentina debe ponerse a la altura apoyando el desarrollo coordinado de estas actividades en las provincias para aprovechar plenamente esta nueva oportunidad.

En julio, usted anunció un nuevo marco regulatorio, el Régimen de Incentivo para Grandes Inversiones (RIGI), destinado a agilizar el proceso de aprobación de los proyectos de extracción de litio. ¿Cuándo estará listo el nuevo marco regulatorio de la minería del litio y qué beneficios concretos prevé que tendrá? ¿Qué efectos tendrá en la inversión extranjera directa (IED)?

El decreto presidencial de aplicación que reglamenta el RIGI se firmó y anunció el pasado 22 de agosto. Ahora que se publicó el

reglamento, el régimen está listo para aplicarse a los proyectos cuyos propietarios decidan presentar solicitudes para ser admitidos en el régimen. Varias provincias (a saber: Jujuy, Mendoza, San Juan, Río Negro y Chubut, aunque esta última excluyó a la minería en su adhesión) ya adhirieron al esquema, mientras que otras lo están evaluando en sus legislaturas.

Estamos convencidos de que este régimen será un motor decisivo para aumentar la IED en nuestro país.

¿Cómo coordina su departamento la visión estratégica nacional del litio del Gobierno de Javier Milei con los gobiernos provinciales, especialmente en lo que se refiere al RIGI?

Mantenemos una coordinación constante con las autoridades provinciales, lo que es fundamental en la minería, ya que estos recursos les pertenecen a las provincias. Ya hemos firmado convenios tripartitos de colaboración con el Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR) y las provincias de San Juan y Mendoza, y esperamos hacer lo mismo con otras provincias. A nivel nacional, participamos en la Mesa Nacional del Litio, que incluye las provincias noroccidentales de Jujuy, Salta y Catamarca, así como en la Mesa del Cobre, donde a las provincias noroccidentales se les

suma la región de Cuyo, compuesta por San Juan y Mendoza.

Estamos colaborando activamente con el Consejo Federal de Minería (COFEMIN), que incluye a todas las jurisdicciones provinciales y el Gobierno Nacional, así como con las Comisiones de Minería de la Cámara de Diputados y del Senado, a cuyas sesiones plenarias hemos asistido. Creemos que trabajar juntos dentro de un marco institucional es vital para ayudar a las provincias a desarrollar sus industrias mineras. Este es un objetivo clave para nuestro Gobierno.

¿Hasta qué punto confía en que Argentina y Estados Unidos puedan encontrar una manera de que el litio argentino cumpla los requisitos de la Ley de Reducción de la Inflación (IRA) para acceder al mercado estadounidense?

Argentina está dispuesta a colaborar con las autoridades estadounidenses para encontrar la manera de que el litio argentino cumpla los requisitos de la IRA, como ocurre actualmente. Confiamos en que esta cooperación nos permita obtener un resultado satisfactorio en breve.

¿Qué medidas están tomando las autoridades argentinas para garantizar el cumplimiento de estándares medioambientales y

sociales estrictos a medida que se desarrollan más operaciones de litio?

Los permanentes esfuerzos de coordinación entre la Secretaría de Minería con las provincias son un pilar fundamental de nuestra estrategia de gestión, ya que refuerzan estos principios que son un aspecto intrínseco de la actividad minera. Nos comprometemos a mejorar continuamente los estándares de desarrollo tanto de los nuevos proyectos como de los que ya están en producción. Recientemente asistí a la reunión anual de la Iniciativa para la Transparencia de las Industrias Extractivas (EITI), de la que Argentina es miembro. Esto refleja la importancia que les damos a la transparencia y la responsabilidad en el sector minero.

¿Qué opina de los proyectos de ley sobre la intervención del Estado en el mercado del litio (precios de referencia y nacionalización del litio)?

Estoy totalmente de acuerdo con la postura del Presidente de la Nación. Nos oponemos firmemente a cualquier forma de intervención estatal en el mercado del litio. La Constitución Nacional establece claramente que los recursos naturales pertenecen a las provincias, por lo que tampoco apoyamos la nacionalización de los recursos provinciales.

¿Qué anticipa para la industria del litio en Argentina para 2030 y qué podría implicar para el crecimiento económico y la creación de empleo?

Incluso adoptando un punto de vista conservador, las proyecciones indican no solo que aumentará la producción, sino también que la participación del litio en las exportaciones mineras y en el conjunto de las exportaciones de nuestro país crecerá. Prevemos que este crecimiento vaya acompañado de un aumento constante de la creación de empleo hasta 2030. Las pruebas de nuestro potencial minero, los fuertes compromisos de inversión y la creciente demanda mundial de los minerales críticos que posee la Argentina arrojan una perspectiva muy prometedora para los próximos años.

Argentina cuenta con 50 proyectos de litio en distintas etapas de desarrollo, ante todo en las provincias de Salta, Catamarca y Jujuy. Actualmente hay cuatro proyectos en funcionamiento. Un quinto proyecto, Sal de Oro, empezará a producir en octubre, y se espera que ocho proyectos más comiencen en los próximos seis años. Esto no solo generará más puestos de trabajo sostenibles, sino que también aumentará el volumen de las exportaciones.

Además, según las cifras más recientes de S&P, en 2023, las empresas de minería destinaron USD 139,9 millones a la exploración de litio, lo que supone una tasa de crecimiento interanual del 91 %.

Esto ubica a la Argentina en el tercer puesto mundial en cuanto a asignación de fondos presupuestados para exploración, debajo de Australia y Canadá. Esta inversión en exploración es crucial, ya que impulsa el desarrollo de nuevos proyectos, garantiza la sostenibilidad a largo plazo del sector y ayuda a configurar el futuro perfil exportador del país. Además, para los proyectos que ya están en producción, la exploración en zonas cercanas también representa un recurso crítico para prolongar su vida operativa.



De izq. a der.: Luis Lucero, Secretario de Minería de la Nación; Romina Sassarini, Secretaria de Minería de Salta; y Benjamin Gallezot, Delegado Interministerial para el Suministro de Minerales Críticos de Francia.



LOS SALARES: UNA INTRODUCCIÓN BREVE

Autores: Rowan Halkes, Andrew Hughes y Evi Petavratzi, del Servicio Geológico Británico (BGS)

Introducción

Las proyecciones de un aumento de la demanda de litio en las próximas décadas sugieren que la producción crecerá de manera exponencial. La mitad de los recursos de litio del mundo se encuentran en los depósitos salinos de Sudamérica, en una zona conocida como el "Triángulo del Litio". Esta región, que abarca partes de Argentina, Bolivia y Chile (gráfico 1), será crucial para suministrar el litio necesario para la descarbonización y la electrificación del planeta. Este artículo presenta brevemente cómo se forman estos depósitos, dónde se encuentran, cómo se produce el litio y algunas de las complejidades asociadas.

Introducción a los salares

Los salares son los restos de antiguos lagos que se formaron en el transcurso de cientos de miles de años, impulsados por la alternancia de ciclos climáticos entre periodos más húmedos y más secos. La formación de salares es un proceso complejo, que requiere condiciones geológicas y medioambientales

específicas, así como largos periodos de tiempo.

Los salares son algunos de los sistemas naturales más complejos del mundo, ya que combinan interacciones entre la atmósfera, la hidrósfera y la litósfera.

A grandes rasgos, se necesitan seis factores para formar un depósito salino: 1) clima árido; 2) una cuenca cerrada que contenga un salar (costra de sal), un lago salado, o ambos; 3) actividad ígnea y/o hidrotérmica asociada; 4) subsidencia debido a la tectónica (que crea espacio para la afluencia/relleno continuos); 5) fuentes de litio adecuadas; y 6) tiempo suficiente para concentrar el litio.

El salar propiamente dicho se divide en el núcleo (centro) y la zona de transición (o marginal) en los bordes y está contenido en

una cuenca más amplia (gráfico 2). Sin embargo, no todos los salares contienen recursos de litio. Los que sí los contienen se denominan depósitos salinos.

Algunos de los depósitos salinos más destacados son el Salar de Uyuni en Bolivia, el Salar de Atacama en Chile y el Salar del Hombre Muerto en Argentina (gráfico 1). También se produce litio a partir de depósitos salinos en China y Norteamérica, pero los de Sudamérica son los más importantes para el suministro mundial de litio, ya que aportaron el 34 % en 2022.

Situados entre 2300 y 4000 metros sobre el nivel del mar en los Andes, la combinación de altitud, irradiación solar y aridez convierte a los salares en uno de los ambientes más extremos de la Tierra. Estas condiciones hacen que los salares tengan una flora y fauna únicas, incluidos los microbios, que a su vez conforman ecosistemas diversos y poco comunes. También albergan con frecuencia a comunidades de pueblos originarios, que mantienen estrechas relaciones sociales y culturales con los salares. Dada la aridez de la zona, hay que tener en cuenta el acceso y el uso del

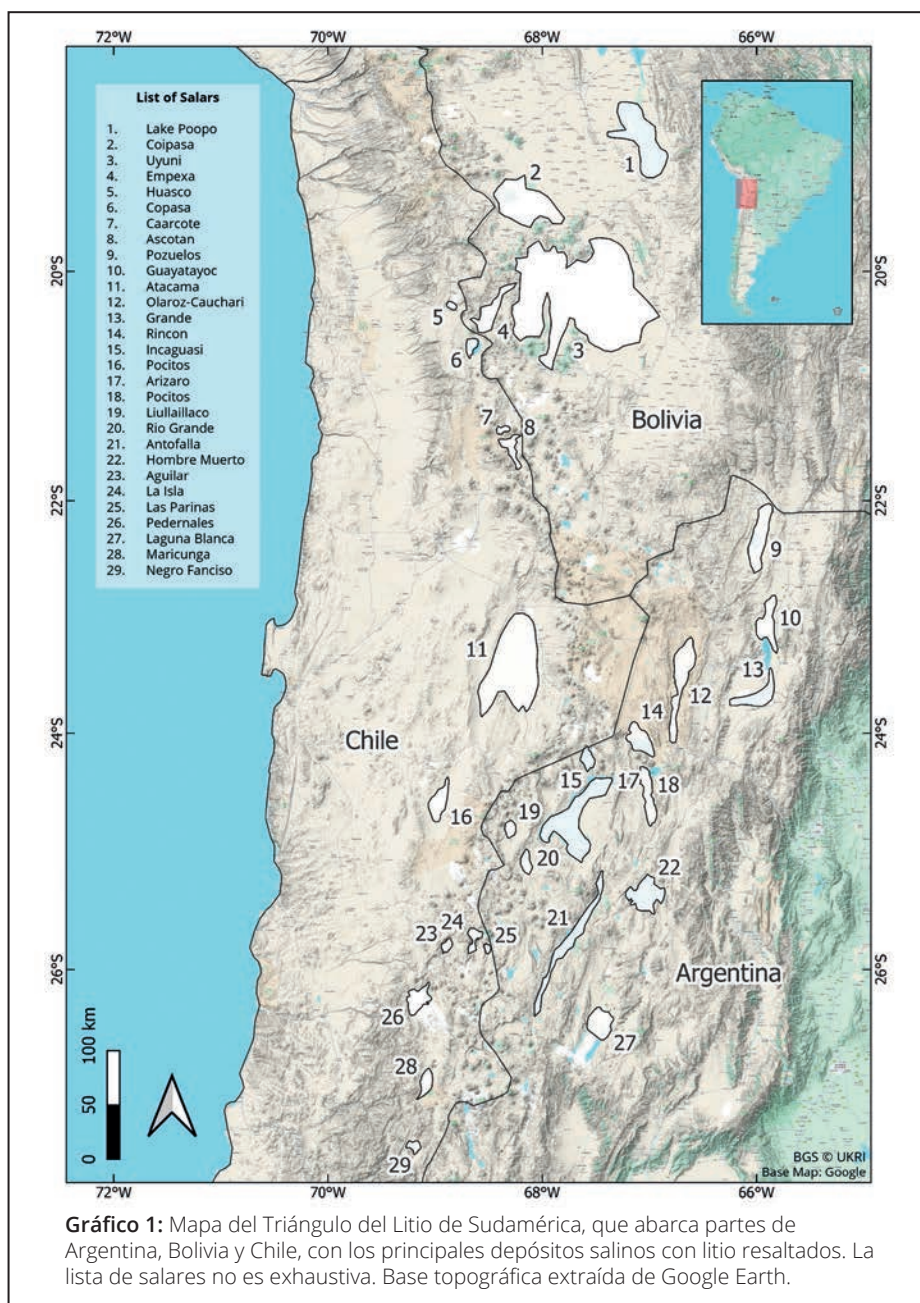
agua para todos los usuarios de las cuencas hidrográficas donde se encuentran los salares (que pueden contener otros proyectos mineros, turismo y agricultura). Además, los salares suelen estar situados dentro o junto a zonas protegidas para la vida silvestre, como los sitios Ramsar reconocidos internacionalmente.

Geológicamente, los salares están formados por rocas sedimentarias, como arcillas, limos, arenas y minerales evaporíticos como la halita (NaCl). Esta es una de las características más importantes de los salares, ya que los poros (pequeños espacios) dentro de estas rocas pueden almacenar salmueras y agua dulce*. Además, la conexión entre esos poros permite el movimiento de fluidos, lo que a su vez provoca el movimiento de las salmueras y el agua dulce, su acumulación con el tiempo y su desplazamiento hacia el exterior.

Los salares del Triángulo del Litio se formaron y se alojan en un sistema geológico muy activo. Los Andes circundantes se crearon sobre una zona de subducción, donde se generaron grandes cantidades de magma para formar estas montañas volcánicas.

Las rocas volcánicas que rodean los salares tienen elevados niveles de litio, aunque no los suficientes para que valga la pena explotarlas. Con el tiempo, el litio se lixivia de ellas y se transporta al salar por aguas superficiales, aguas subterráneas y aguas geotérmicas a gran profundidad (gráfico 2, página 8). Debido a su elevada altitud, su aridez y la irradiación solar, estas aguas se concentran significativamente por evaporación, formando salmueras con altos niveles de litio y otras sales como potasio, sodio y magnesio (Tabla 1). La concentración de litio en esta región varía entre 16 mg/l y 1570 mg/l, con un promedio de ~336 mg/l. Esta variación puede atribuirse a varios factores, como la variación en las rocas volcánicas y en las propiedades químicas del magma del que están formadas.

A grandes rasgos, hay dos tipos de agua en los salares: salmuera y agua dulce. Mientras que las

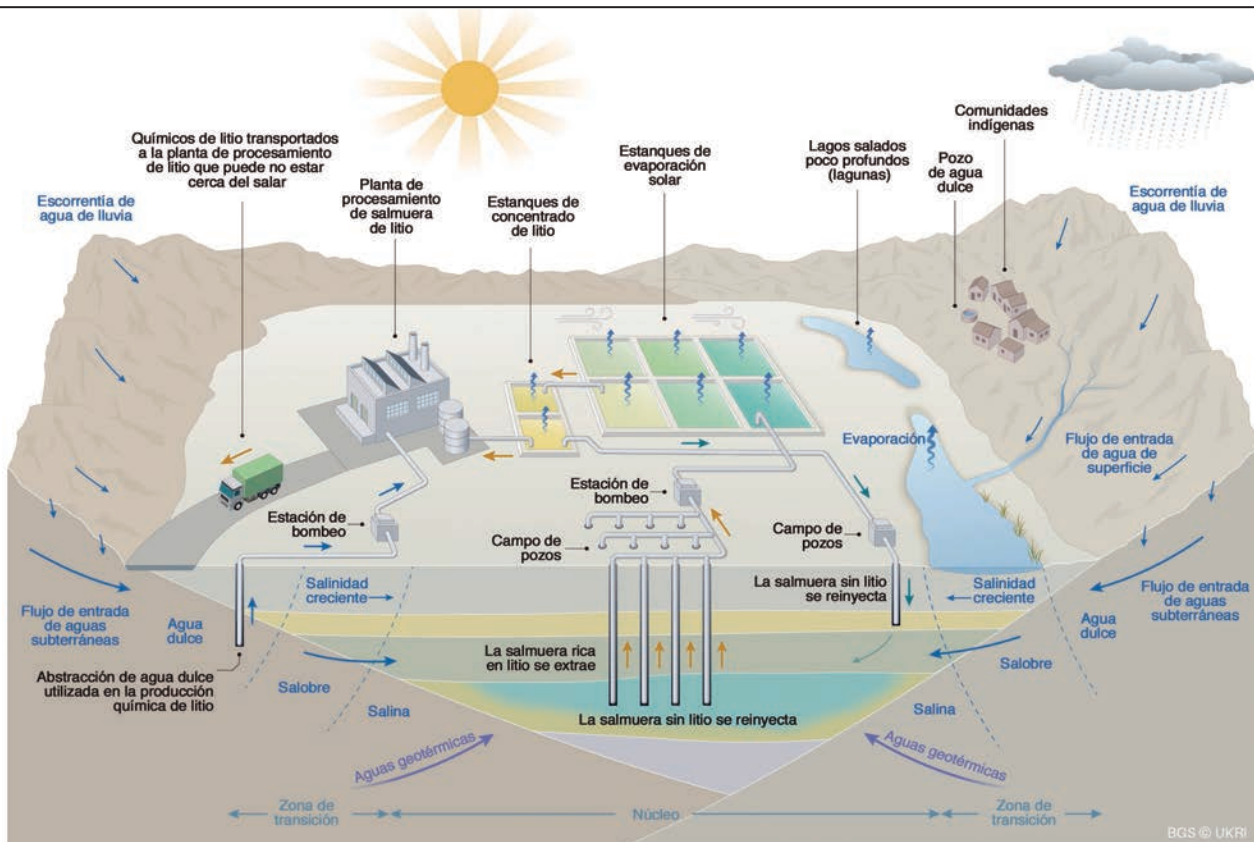


salmueras se forman continuamente, el litio tarda entre cientos de miles y millones de años en concentrarse hasta alcanzar niveles aptos para la explotación económica. Además, sorprendentemente, el litio constituye solo una pequeña cantidad de estas salmueras (<1 %), mientras que el agua representa el ~75 % (Tabla 1). Esta agua contenida en la salmuera, además de agua dulce, hace que los salares contengan grandes cantidades de agua. Sin embargo, las salmueras son extremadamente salinas (Tabla 1) y no se pueden utilizar como agua potable ni para el riego. Aunque la concentración

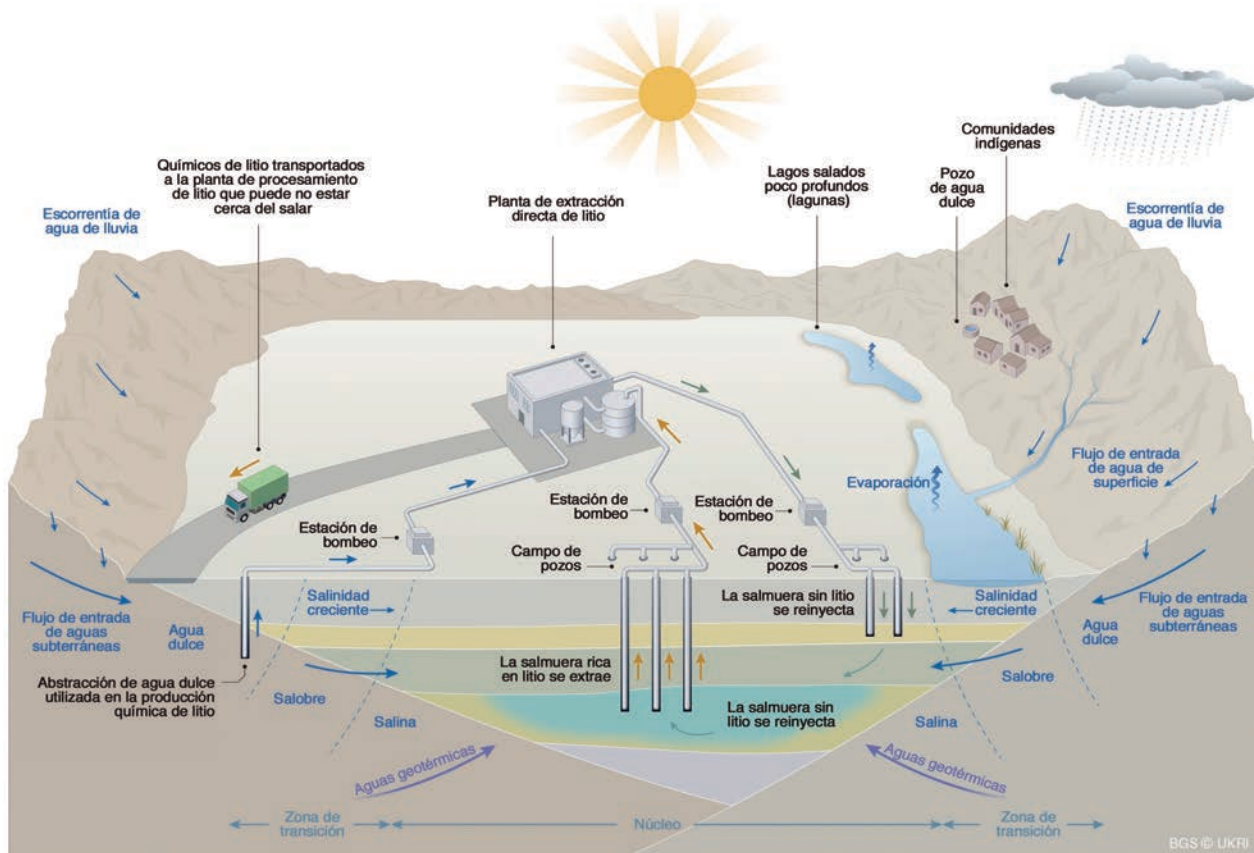
de litio puede aumentar con la profundidad, las salmueras que contienen litio se bombean principalmente desde pozos poco profundos, normalmente entre 20 m y 40 m por debajo de la superficie del núcleo, aunque esto puede variar (gráfico 2), se trata de la zona donde se encuentran las mayores concentraciones de litio y las operaciones de extracción.

continúa en la página 9

*En este artículo, "agua dulce" se refiere al agua con baja concentración de sólidos disueltos que puede ser generalmente aceptable para su extracción y/o tratamiento convencional para producir agua potable.



La ilustración no está a escala. El diagrama es esquemático y puede que no represente con exactitud todas las situaciones.



La ilustración no está a escala. El diagrama es esquemático y puede que no represente con exactitud todas las situaciones.

Gráfico 2: Diagrama de bloque esquemático de un salar que muestra la extracción y concentración de salmuera con a) procesos de evaporación (EP), b) extracción directa de litio (EDL). También se muestran las características hidrogeológicas y otras características del salar. Tenga en cuenta que este diagrama no está a escala y es esquemático, por lo que puede que no refleje con exactitud todos los escenarios hipotéticos. La posición y la naturaleza de la extracción y la reinyección son de carácter indicativo.

continuación de la página 7

Complejidad de los salares

Los salares son algunos de los sistemas naturales más complejos del mundo, ya que combinan interacciones entre la atmósfera (por ejemplo, los regímenes de precipitaciones), la hidrósfera (por ejemplo, las aguas subterráneas y superficiales) y la litósfera (por ejemplo, la liberación de litio y su transporte desde las rocas), junto con la concentración de solutos por evaporación.

Las entradas de agua son difíciles de determinar y cada salar difiere en el tipo y el nivel de afluencia de agua dulce, pero por lo general, las principales fuentes de agua dulce son las aguas superficiales y subterráneas, las cuales, si bien son pequeñas, pueden tener mucha importancia para el equilibrio hídrico de los salares y el mantenimiento de las lagunas (estanques o pequeños lagos). Las precipitaciones suelen ser muy escasas, pero las inundaciones periódicas también pueden contribuir a mantener el equilibrio hídrico. La evaporación es la principal salida natural y, en algunos casos, puede superar las entradas actuales. También es fundamental para la circulación del agua dulce a través del sistema y la concentración de salmueras, mientras que los procesos geoquímicos pueden ser importantes para la evolución de las salmueras y para determinar la posterior distribución del litio.

Existen interacciones complejas entre estas entradas, salidas y tipos de agua en los salares. Por



Contraste de paisajes entre el Salar de Rincón, Argentina (arriba) y el Salar de Uyuni, Bolivia.

ejemplo, la salmuera no es estática dentro del núcleo. Se forman células convectivas a gran escala (debido al hundimiento de la salmuera más densa) que influyen en las entradas de agua dulce y en las interacciones entre la salmuera y el agua dulce en la zona de transición. Esta última, formada por lagunas, humedales y turberas, es la parte más sensible de un salar desde el punto de vista medioambiental. Las lagunas, una parte fundamental de los ecosistemas, se crean cuando las aguas subterráneas dulces se encuentran con las salmueras de alta densidad, que forman una barrera eficaz, o células convectivas del núcleo, lo que obliga a las aguas a salir a la superficie. Por lo tanto, son sensibles a cualquier cambio

de afluencia o variación de los niveles de salmuera en el núcleo.

Los salares también son complejos en la cuarta dimensión; son muy dinámicos, con aspectos temporales que van desde cada hora (episodios de precipitaciones) hasta millones de años (formación de salmuera y halita). Están sometidos a la influencia del cambio climático, que probablemente aumentará las temperaturas pero tendrá efectos variables en las precipitaciones y también puede provocar cambios en el equilibrio de las entradas y salidas de agua a lo largo del tiempo. Sin embargo, el posible efecto del cambio climático sobre los salares actualmente y en el futuro aún no está claro.

Aunque existen similitudes entre los salares del Triángulo del Litio, también presentan diferencias significativas. Cada uno de ellos es único en lo que atañe, en lo que atañe, entre otros aspectos, a la química de la salmuera y del agua (Tabla 1), el microclima, la geomorfología, la geología, la hidrogeología, la altura y la situación socioeconómica de la región. Además, cabe señalar que el Salar de Atacama, en Chile, del que proceden muchos de nuestros conocimientos, si bien no es un caso atípico, sí es un "miembro extremo" en la distribución de los salares, ya que es más cálido, más seco, se encuentra a menor altitud y tiene mayores concentraciones de litio que otros salares. Por lo tanto, hay que tener

continúa en la página 10

Tabla 1: Comparación entre distintas salmueras y tipos de agua de salar

Salar/Tipo de agua	Región/País	Sólidos disueltos totales (SDT) (% p/v)	Li (mg/l)	Mg (mg/l)	Ca (mg/l)	K (mg/l)	Na (mg/l)
Uyuni	Potosí, Bolivia	35,10	694	15 365	540	12 197	88 641
Atacama	Antofagasta, Chile	37,50	1570	9650	450	23 600	91 100
Hombre Muerto	Salta/Catamarca, Argentina	34,09	535	1091	766	4681	43 376
Agua de mar	-	3,50	0,18	1300	400	380	11 000
Agua embotellada	-	0,03	0,005	26	80	1	6,5

Los datos sobre las salmueras de cada salar proceden de diversas fuentes y no son directamente comparables. La tabla solo presenta la variación y no permite comparaciones.

Datos de Uyuni: Risacher y Fritz (1991); Datos de Atacama: López Steinmetz y Salvi (2021); Datos de Hombre Muerto: Ericksen y Salas (1987); Datos del SDT en la salmuera: López Steinmetz et al. (2020); Datos del agua de mar: Riley y Tongudai (1965); Petrowiki; Datos sobre agua embotellada: Evian; Parnell y Armstrong (2023).

continuación de la página 9

cuidado a la hora de extrapolar a otros salares el conocimiento obtenido aquí.

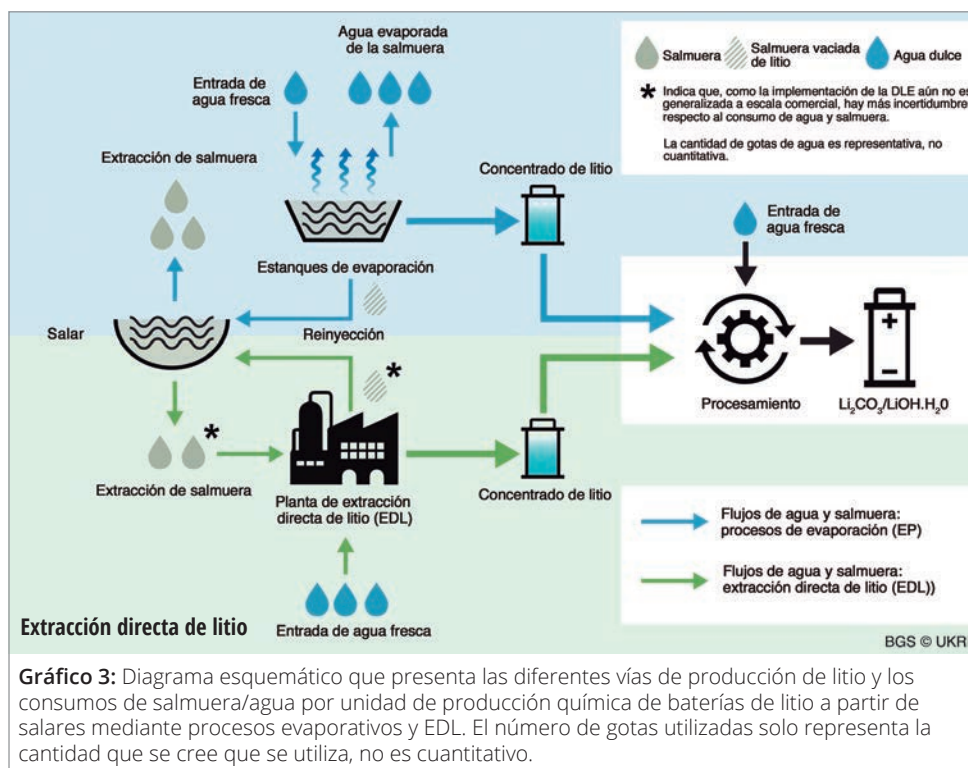
Así como **"cada persona es única", "cada salar es único"**.

Producción de litio a partir de salares

El descubrimiento y la extracción de litio en los salares de Sudamérica revolucionaron el sector al proporcionar recursos abundantes y relativamente fáciles de extraer mediante un proceso con bajas emisiones de carbono. Sin embargo, la producción procedente de los depósitos salinos es distinta a la de los proyectos mineros "tradicionales", ya que el sistema que alberga el mineral (en este caso, la salmuera) sigue siendo en gran medida un sistema en cambio constante y "vivo".

Los salares con la tradición de producción de litio más antigua son el Salar de Atacama en Chile y el Salar del Hombre Muerto en Argentina. En un principio, en Atacama se producía nitrato de potasio, a lo que luego se añadió la producción de litio, a finales de los años 1980 y principios de la década de 1990, mientras que Hombre Muerto lleva produciendo desde 1997. En la última década, las operaciones del Triángulo del Litio se han expandido a toda velocidad debido al avance de la electrificación y el crecimiento de la demanda de litio. Con el paso del tiempo, las crecientes presiones para proteger el medioambiente y la necesidad de aumentar la producción en la región han llevado a que se preste más atención a las tecnologías de procesamiento utilizadas para recuperar el litio de las salmueras, al tiempo que han aumentado las prácticas mineras responsables.

Sin embargo, la mayoría de las operaciones en Sudamérica sigue un marco de procesamiento común: 1) extracción de salmuera (bombeo), 2) concentración y purificación, y 3) procesamiento químico para producir carbonato o hidróxido de litio. La concentración y la purificación suelen realizarse *in situ* en el salar, mientras que el procesamiento químico suele realizarse *ex situ*, en



una instalación independiente. En la etapa de concentración y purificación se utilizan dos tipos de tecnologías, los procesos de evaporación (EP) y la extracción directa de litio (EDL) (gráfico 3). Los EP son el método más común y tradicional y la EDL es una alternativa algo más reciente, pero pueden aplicarse juntos, como ocurre en el Salar del Hombre Muerto en Argentina. Cada salmuera tiene una composición única, por lo que es necesario adaptar el método de procesamiento. Lo que puede ser apropiado u óptimo para un salar puede no serlo para otro.

Durante los EP, tras el bombeo de la salmuera, la evaporación solar y eólica concentra gradualmente la salmuera en una sucesión de estanques de evaporación (gráfico 2). Este proceso es posible gracias a la elevada aridez natural, la altitud y la irradiación solar, que reducen las necesidades energéticas y la huella de carbono. Se pueden recoger diferentes sales a medida que precipitan (p. ej., potasio) y eliminar las impurezas. Este proceso dura entre 12 y 18 meses y presenta una tasa de recuperación de litio de entre el 30 % y el 50 %, mientras que se evapora entre el 85 % y el 95 % del agua contenida en la salmuera.

EDL es un término genérico utilizado para referirse a varias

tecnologías que concentran litio de forma activa. Aunque todo indica que la EDL acabará utilizándose más que los EP, dado que aún no se ha implantado de forma generalizada a escala comercial en Sudamérica, existe cierto grado de incertidumbre en cuanto a su eficacia y sus efectos. La EDL presenta una tasa de recuperación del 70 % al 95 % y podría reducir el uso de salmuera, acortar los plazos de producción y permitir el desarrollo de depósitos que antes no eran rentables. Algunos de los desafíos que plantea son la necesidad de agua dulce y energía, la huella ambiental incorporada y la mayor reinyección de salmuera agotada. Para más información sobre la EDL, véase la edición nro. 6 de *The Lithium Voice*.

Tras su concentración y purificación, la salmuera con litio agotado se puede reinyectar en el salar (gráfico 3). En el caso de los EP, esto puede equivaler a aproximadamente un 15 % a un 20 % de la salmuera bombeada. Se espera que la EDL ofrezca una mayor tasa de retorno de litio, aunque los valores exactos varían para cada tipo de proceso y entre cada salar. La reinyección devuelve la mayor parte de la salmuera bombeada aunque con litio agotado, lo que ayuda a

mantener las propiedades químicas del sistema. Además, la reinyección entre el campo de pozos y los lugares sensibles (lagunas) puede mitigar parte de los efectos del bombeo de salmuera al reducir el descenso del nivel de agua/salmuera y los efectos subsiguientes (gráfico 2). Sin embargo, las salmueras agotadas tendrán una composición química diferente a la de la salmuera bruta, especialmente las procedentes de la EDL, debido a las interacciones y procesos químicos. Esto podría alterar la geoquímica del sistema, lo que dificultaría el retorno de la salmuera al salar; también se teme que la reinyección pueda provocar la dilución del litio en las salmueras y/o la alteración de la estructura estratigráfica (capas de roca y sedimentos).

Actualmente, al evaluar los beneficios globales en materia de sostenibilidad de los EP y la EDL, no se observa ninguna ventaja clara a favor de ninguna de estas dos tecnologías en términos de sus efectos sobre la hidrogeología de los salares o la disponibilidad de agua para las comunidades y los ecosistemas. Estos impactos no solo se verán influidos por la tecnología utilizada, sino también por la concentración de litio y las impurezas de las salmueras, la hidrogeología local y las condiciones climáticas, entre otros factores. Por lo tanto, la tecnología utilizada, así como sus ventajas e inconvenientes, deben evaluarse exhaustivamente para cada caso.

Efectos de la producción de litio

El desarrollo de la producción de litio en Sudamérica puede tener importantes repercusiones positivas, tanto desde el punto de vista económico como a escala local,

regional y mundial. Se han realizado mejoras prometedoras a las prácticas de minería responsable, pero aún queda trabajo por hacer.

La producción de litio suscita gran preocupación por el uso de salmuera y agua dulce y sus efectos medioambientales y sociales. A la hora de comprender el impacto ambiental, hay que tener en cuenta numerosas características de los salares, como la cantidad y la naturaleza de las entradas de agua y la interacción con las lagunas, la naturaleza y las propiedades del salar y las características de la extracción (bombeo). Al igual que ocurre con todas las industrias extractivas, para evitar conflictos sociales se requiere una cuidadosa evaluación y comunicación a fin de garantizar que los proyectos puedan ser "buenos vecinos".

Cualquier efecto causado será específico de cada salar y cada proyecto. La hidrogeología, la hidrología, la geomorfología, la geología, la altitud y la tecnología utilizada influirán en la forma en que se materialicen esos efectos. Además, la determinación de los impactos es difícil debido a la aridez de la región, la complejidad del sistema, la variación de las condiciones climáticas y la respuesta del sistema, que puede tardar años o incluso décadas en materializarse en elementos medioambientales sensibles como las lagunas.

Además, los efectos causados por la actividad humana solo pueden comprenderse y atribuirse con precisión después de tener en cuenta la influencia de las variaciones naturales y el cambio climático. Dichos efectos también deben considerarse en el contexto

más amplio de otros usuarios del agua, como el turismo, la agricultura y otros proyectos mineros, como las minas de cobre. Asimismo, es vital tener en cuenta los posibles impactos acumulativos de la coexistencia de múltiples proyectos de litio en un mismo salar.

Conclusión

Una vez concentrado y purificado, el litio se transporta, normalmente en forma de solución de cloruro de litio, a una planta de procesamiento. Allí se convierte en carbonato de litio y, si se desea, en hidróxido de litio. A continuación, estos compuestos se exportan a las cadenas de suministro mundiales para su utilización en baterías, cerámica y medicamentos, entre otros.

Debido a la rápida electrificación de la industria y el transporte, el tiempo disponible para expandir este proceso de producción de litio a fin de satisfacer las metas de descarbonización es muy corto. El litio de los salares del Triángulo del Litio desempeña un rol fundamental en la descarbonización del planeta. Sin embargo, para aprovechar esta oportunidad para los países del Triángulo del Litio y el resto del mundo, es necesario tratar con cuidado y de manera colaborativa complejas cuestiones económicas, medioambientales, sociales y de gobernanza, a fin de alcanzar un equilibrio justo entre un entorno empresarial adecuado, un desarrollo equitativo, la protección del medioambiente y la justicia social. 

Este artículo representa las opiniones de los autores y no necesariamente refleja las opiniones del Servicio Geológico Británico o ILiA.



El estadista, el industrial, el noble, el burgués, los ingleses y el alemán

¿QUIÉN DESCUBRIÓ EL LITIO?

En noviembre del año pasado, *The Lithium Voice* (edición nro. 4) celebró "Un siglo de litio industrial", una constatación de que la producción industrial de litio comenzó tan solo un siglo atrás. Lo que tal vez sorprenda es que el litio se había convertido en un elemento "con nombre" poco más de cien años antes.

Pero, ¿quién descubrió realmente el litio? Pues bien, dependiendo de qué se entienda por "descubrir", cada uno de los siguientes personajes desempeñó un papel clave en la narrativa mineral "Los albores del litio".

Dramatis Personae (por orden de aparición)

El estadista

José Bonifácio de Andrada e Silva (1763-1838)

El industrial

Eric Thomas Svedenstjerna (1776-1825)

El noble

Barón Jöns Jacob Berzelius (1779-1848)

El burgués

Johan August Arfvedson (1792-1841)

Los ingleses

Sir Humphry Davy

(1778-1829)

William Thomas Brande

(1788-1866)

El alemán

Robert Wilhelm Bunsen

(1812-1899)

Otros científicos

Augustus Matthiessen

(1831-1870)

El estadista

Excepto por quienes trabajamos en el mundo del litio, José Bonifácio de Andrada e Silva probablemente sea mucho más recordado por todo lo que consiguió fuera de la ciencia y la mineralogía, sobre todo por haber sido un venerado estadista. Fue el patriarca de la independencia de Brasil y, en un momento dado, estuvo a punto de ser su primer ministro.

Andrada nació en 1763 en el seno de una familia aristocrática portuguesa en Santos, San Pablo,



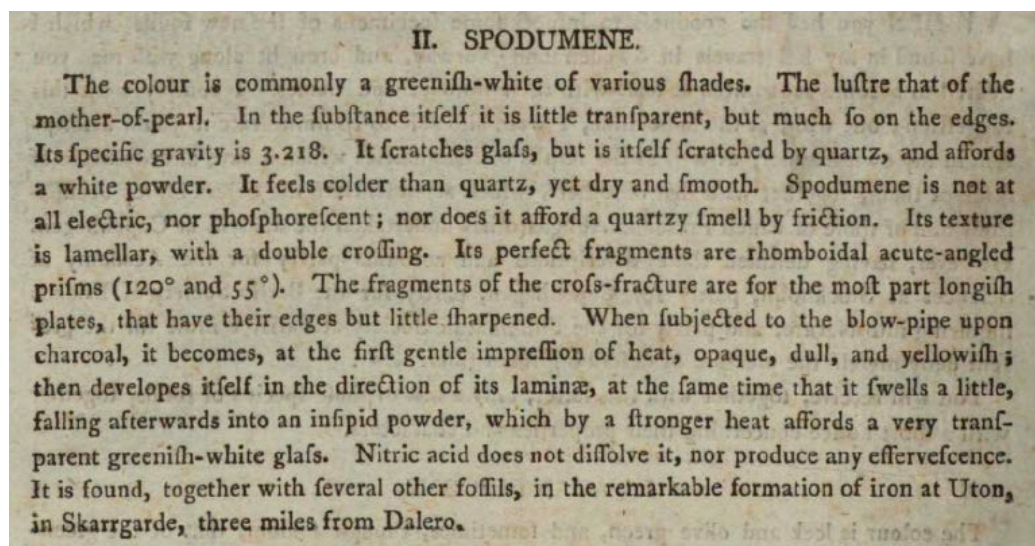
Estatua de José Bonifácio de Andrada e Silva en Bryant Park, Nueva York, Estados Unidos.

Brasil, entonces parte del imperio portugués. Como muchos miembros de su estrato social en aquella época, regresó a Portugal para asistir a la universidad, y completó sus estudios de filosofía (1786) y derecho (1788) en la Universidad de Coímbra. Luego

les dio la espalda (por el momento, al menos) a esos estudios y se adentró en el mundo de la "filosofía natural", como se llamaba entonces a la ciencia.

En 1790 se casó con su novia irlandesa, Narcisa Emília O'Leary, e inmediatamente emprendió con ella un viaje de investigación y estudio por Europa que duró diez años.

Andrada pasó cuatro de esos años, de 1790 a 1794, estudiando mineralogía y visitando minas e industrias metalúrgicas en Francia y Alemania. Después pasó otros cinco años explorando minas



Descripción de la espodumena publicada en la edición de agosto de 1801 de A Journal of Natural Philosophy, Chemistry and Arts.

La mina de mineral de hierro inundada de la isla de Utö (Suecia), donde se descubrieron por primera vez los minerales de litio.

Foto: ILIA



en Austria, Dinamarca, Hungría, Italia, Noruega y Suecia (donde fue elegido miembro de la Real Academia Sueca de Ciencias en 1797). Anotó sus observaciones en un cuaderno de bitácora. Fue en una mina de hierro de la isla de Utö, a unos 45 km al sur de Estocolmo, Suecia, que Andrada hizo sus observaciones más importantes (al menos para nosotros), al identificar dos nuevos minerales: la petalita y la espodumena.

Estas observaciones se publicaron por primera vez en el *Allgemeine Journal der Chemie* de Scherer, en Leipzig, Alemania, en 1800; un año más tarde, aparecieron traducidas en Inglaterra en forma de carta a un "Sr. Beyer, Maestro de Minas en Schneeberg", en la edición de agosto de 1801 de *A Journal of*

Natural Philosophy, Chemistry and Arts.

Aunque cabe suponer que los amigos y colegas de Andrada en Berlín, Copenhague, París y Estocolmo recibieron muestras físicas de sus rocas para asombrarse y estudiarlas, no se supo nada más de ellas durante casi veinte años.

El industrial

Si no hubiera sido por Eric Thomas Svedenstjerna, un contemporáneo de Andrada, tal vez no se habría vuelto a saber nada de la petalita ni de la espodumena. Aristócrata sueco, investigador de montañas y miembro de la Real Academia Sueca, Svedenstjerna fue al mismo tiempo un entusiasta de la mineralogía y empresario del hierro.

Artículo principal

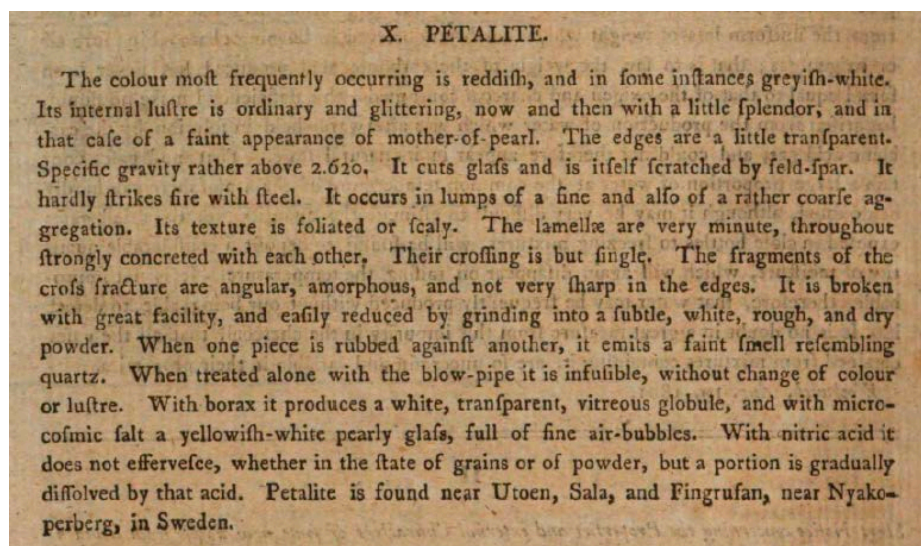
Se cuenta que, tal vez en el ejercicio de sus funciones como director de la forja de hierro en barras y del peñasco de hierro bruto de Suecia, redescubrió los dos minerales, de los que recogió muestras también en Utö y, posteriormente, en 1817, envió muestras de petalita a varios colegas de todo el mundo. Uno de los destinatarios de esas muestras fue su famoso maestro y compatriota, el barón Jöns Jacob Berzelius.

Aunque la historia no relata si Svedenstjerna siguió o no interesado en los dos minerales, sí sabemos que, tras caer en bancarota por sus malogrados negocios con el cobalto, se quitó trágicamente la vida el 14 de enero de 1825.



Foto: ILIA

Los relaves de la mina de hierro de Utö, donde Andrada encontró por primera vez muestras de petalita y espodumena.



Descripción de la petalita de la edición de agosto de 1801 de *A Journal of Natural Philosophy, Chemistry and Arts*.

El noble

Uno de los padres de la química moderna y otro miembro más de la Real Academia Sueca de Ciencias, Berzelius (un noble sueco) nació en Östergötland en 1779. Aunque en realidad comenzó su vida laboral como médico, hizo sus mayores aportes a la ciencia en el campo de la química. Berzelius era un empirista

continúa en la página 14

continuación de la página 13

entusiasta, metódico y minucioso, lo que quizá explique por qué estableció personalmente la ley de las proporciones constantes (definidas).

Berzelius descubrió el cerio y el selenio, mientras que sus estudiantes y amigos, en su laboratorio privado en la Casa del Panadero Alemán de Estocolmo, descubrieron no solo el lantano y el vanadio, sino también el litio, este último logro de un tal Johan August Arfvedson (a veces escrito "Arfwedson").

El burgués

Arfvedson, otro de los protagonistas de nuestra historia que poseía un título en Derecho, era el hijo de un rico comerciante y propietario de una fábrica. Pero tenía otro título, más relevante, en mineralogía, y era amigo de Berzelius, que le dejaba usar su laboratorio de Estocolmo.

También fue Arfvedson a quien Berzelius, su amigo y mentor, entregó la muestra de petalita que había recibido de Svedenstjerna.

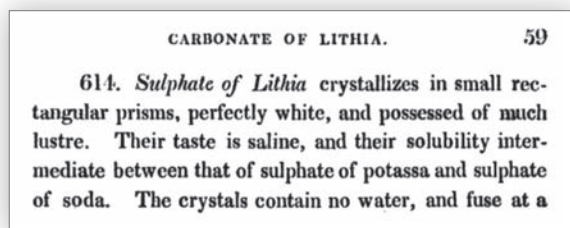
Trabajando con la petalita ($\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$), Arfvedson logró determinar su contenido de alúmina y sílice. Sin embargo, para su consternación, en la muestra con la que estaba trabajando, estos representaban solo un 97 % del peso del mineral, con lo cual el 3 % restante quedaba sin identificar. Arfvedson reorganizó sus experimentos y descubrió que el nuevo elemento formaba compuestos similares a los del sodio y el potasio, pero su carbonato e hidróxido eran menos solubles en agua y más alcalinos.

Con este resultado, Berzelius y él decidieron que el porcentaje que faltaba (que era demasiado pequeño para ser sodio) debía ser algún nuevo metal alcalino. Berzelius propuso bautizar a este metal litio, de la palabra griega *lithos*, que significa piedra (el motivo fue que provenía de una fuente mineral, mientras que los



La Casa del Panadero Alemán, sede del laboratorio de Berzelius en Estocolmo (Suecia), antes de su demolición en 1907.

otros dos elementos comunes del Grupo 1, el sodio y el potasio, se descubrieron a partir de fuentes vegetales).



Tras su identificación, tanto Arfvedson como el químico alemán Christian Gmelin realizaron varios intentos de separar el litio de sus sales, pero ninguno de los dos lo consiguió. Por mucho que lo intentaron, por ejemplo, con tentativas de reducción calentando el óxido con hierro o con carbono, ninguno de los dos logró aislar el elemento en su forma metálica.

Y así quedaron las cosas durante varios años.

Los ingleses

Finalmente, en 1821, tanto Humphry Davy como William Thomas Brande lograron utilizar la electrólisis (en un proceso del que Davy fue pionero y con el que había aislado el potasio y el sodio) del óxido de litio (Li_2O) para aislar una pequeña cantidad de litio puro en

forma de diminutas perlas que, sin embargo, ardían en el aire en cuestión de segundos. Al realizar su experimento, Davy también observó que el nuevo elemento emitía una llama roja (observada por primera vez por Gmelin en 1818) que se parecía a la del estroncio.

Como coautor de "A Manual of Chemistry" [Un manual de química], Brande ofrece excelentes descripciones de cómo producir distintos compuestos de litio. Además incluye una "prueba de sabor", que los lectores no deberían intentar repetir.

El alemán

Brande y Davy consiguieron aislar pequeñas cantidades de litio metálico puro, pero no fue hasta 1855 que el químico alemán Robert Bunsen, en colaboración con el químico inglés Augustus Matthiessen, en la Universidad de Heidelberg, ideó una forma de utilizar la electrólisis para producir una cantidad suficiente de litio metálico a fin de estudiarlo en detalle.

Este proceso, que producía litio mediante la electrólisis del cloruro de litio, marcó el inicio de la comercialización del litio.

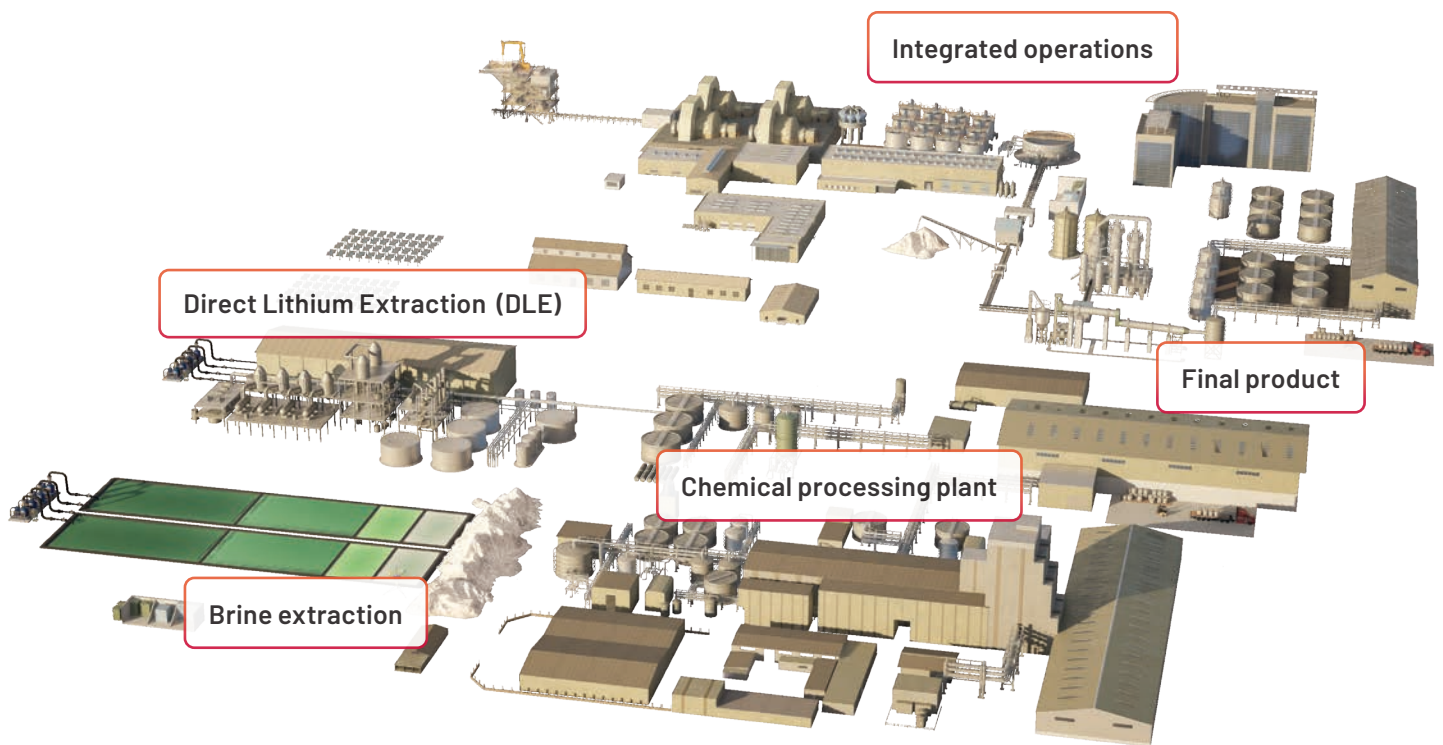
El litio fue descubierto por...

Entonces, ¿quién le parece que descubrió realmente el litio? ¿Fue solo uno de todos estos científicos? ¿O en realidad fueron todos ellos? Independientemente de su respuesta, todos ellos se destacaron en su época y cada una de sus contribuciones a su descubrimiento fue vital. La mayoría de los manuales indica que Arfvedson fue el primero en detectar la existencia del elemento, pero si hubiera que elegir a un solo protagonista, la historia de cómo se descubrió el litio debería empezar sin duda por José Bonifácio de Andrada e Silva: científico, estadista, profesor, naturalista, poeta y abolicionista.



Connected Lithium Production: End-to-End

Integrating power, control, and information from extraction to processing to market!



Want to
learn more?
rok.auto/lithium



**Rockwell
Automation**

Vista desde EUROPA

De David Merriman,
Project Blue

Europa sigue enfrentando un desequilibrio entre los recursos locales de litio y la inminente demanda de productos de litio refinado para cumplir los objetivos fijados en la Ley de Materias Primas Fundamentales (CRMA) de la Unión Europea.

La CRMA establece objetivos ambiciosos de producción nacional de litio para la UE. Para 2030, la UE aspira a que el 40 % de su demanda de litio refinado y el 10 % de su producción minera procedan de su territorio. Project Blue prevé que esta demanda refinada ascenderá a unos 230 000 t de productos de litio de carbonato de litio equivalente (LCE) para 2030.

La reelección de Ursula von der Leyden como Presidenta de la Comisión Europea sugiere que se mantendrá la política actual de transición energética de la UE y se desarrollarán las cadenas europeas de suministro de litio al menos durante cinco años más. Si bien la capacidad de producción proyectada de Europa parece suficiente para cumplir los requisitos de la CRMA, será difícil para varias posibles empresas de extracción y procesamiento de litio conseguir el financiamiento, el desarrollo y las licencias necesarios para 2030.

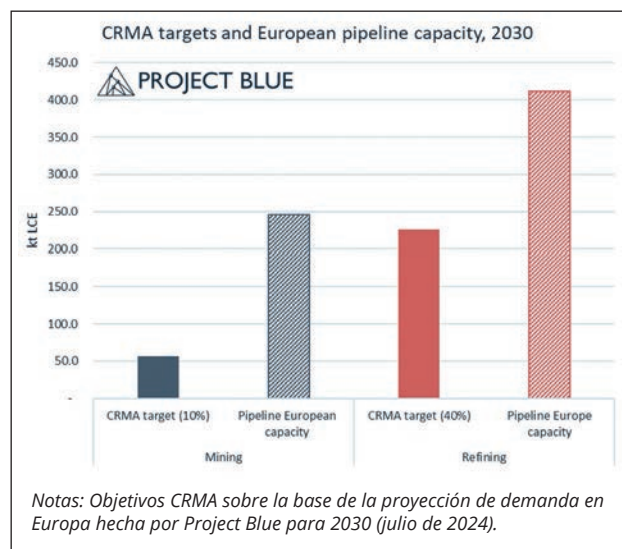
Tras negociar con la Comisión Europea y el canciller de Alemania, el Gobierno de Serbia restableció una licencia minera para que Rio Tinto desarrolle el proyecto de Jadar. Esto provocó fuertes protestas por el giro de 180 grados del Gobierno en cuanto a la extracción de litio, que había quedado prohibida en Serbia en 2022. La prohibición se consideró inconstitucional en una audiencia judicial celebrada en 2024. Jadar tiene una capacidad potencial de casi 60 000 t p.a. de LCE, lo que lo

convierte en el proyecto de litio más grande de Europa por producción proyectada, aunque, según el Ministerio de Minería y Energía de Serbia, la obtención de permisos tardará al menos dos años, por lo que es poco probable que Jadar entre en producción antes de 2030.

En Alemania, Vulcan Energy Resources anunció la primera producción de cloruro de litio en su planta de optimización de la extracción de litio (LEOP) de Landau con su proceso patentado de EDL basada en un adsorbente de aluminato (VULSORB®). En agosto, Vulcan también puso en marcha su planta de optimización de hidróxido de litio cerca de Frankfurt.



AMG Lithium sigue construyendo su planta de hidróxido de litio de Bitterfeld, Alemania, que procesará concentrados de espodumena de su operación en Brasil y compuestos de litio reciclados de la planta de Fortum Battery Recycling en Harjavalta, Finlandia.



En Francia, Lithium de France y el Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) reforzaron su colaboración para desarrollar proyectos de salmueras geotérmicas en la región de Alsacia. Imerys prorrogó una consulta pública para el desarrollo del proyecto de litio de Beauvoir, cerca de Echassières, hasta fines de julio de 2024, y la Commission nationale du débat public (CNDP) está elaborando un informe para el desarrollo del proyecto.

Por último, si bien la UE busca reforzar la extracción y el procesamiento locales de productos de litio para apoyar sus tecnologías de transición energética, la posible clasificación del carbonato, el cloruro y el hidróxido de litio como "tóxicos conocidos para la reproducción humana" por parte del Comité de Evaluación del Riesgo de la Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas podría suponer un posible obstáculo para el desarrollo, especialmente porque varios países, entre ellos EE. UU., Australia, Chile, Argentina y Reino Unido, han manifestado por escrito a la UE su desacuerdo con dicha clasificación (véase la edición nro. 6 de *The Lithium Voice*).

*Vista desde Europa
representa las
opiniones de Project
Blue y no refleja las
opiniones de ILiA.*



Vista desde NORTEAMÉRICA

De Adriana Carvalho, redactora jefe sénior de Metales de S&P Global Commodity Insights

La búsqueda de materiales críticos impulsa el crecimiento del centro de baterías de Norteamérica

Norteamérica está a punto de convertirse en un centro de producción de baterías que contribuirá a impulsar la transición energética mundial, al tiempo que ampliará el parque de vehículos eléctricos de la región.

Los fabricantes de automóviles, alentados por el apoyo del Gobierno de EE. UU. al sector y por sus propios objetivos de ampliar la oferta de modelos de vehículos eléctricos, han anunciado más de USD 100 000 millones en nuevas inversiones para el desarrollo y la producción de estos vehículos en el país en los próximos años.

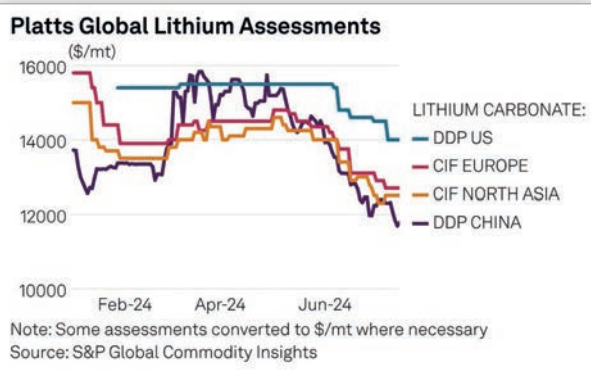
Además, el Departamento de Energía anunció en julio que se destinarán USD 1700 millones a la modernización y reconversión de las instalaciones tradicionales de fabricación de automóviles de EE. UU. para que produzcan vehículos eléctricos y sus componentes.

La fabricación de baterías también está recibiendo muchísimos fondos, con una inversión estimada de USD 50 000 millones en instalaciones de producción de baterías en todo el continente hasta fines de este año.

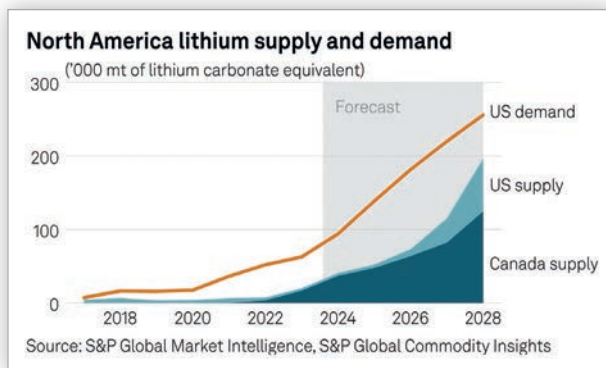
Empresas como Panasonic, LG Energy Solution y Samsung SDI están estableciendo o ampliando sus operaciones, lo que indica un futuro sólido para las cadenas de suministro de baterías en Norteamérica. Se prevé que estas instalaciones brinden una capacidad acumulada de producción de baterías de 1 teravatio-hora (TWh) para 2030.

El estado de los materiales críticos

El éxito de esta expansión depende de que se asegure un suministro



estable de materiales críticos. Se estima que las inversiones en proyectos de litio y níquel asciendan a unos USD 10 000 millones para fines de la década. Por otro lado, también se prevé que aproximadamente el 75 % del litio utilizado en la producción de baterías eléctricas en EE. UU. proceda del exterior, según la Oficina del Censo de Estados Unidos.



Sin embargo, hay poca actividad de entrega inmediata de sales de litio en EE. UU., ya que la mayoría de las empresas firmó acuerdos a largo plazo y las que están centradas en expandir sus plantas piloto de precursores de materiales de cátodo activo o materiales de cátodo activo (pCAM/CAM) están adquiriendo pequeños lotes de prueba.

Según S&P Global Commodity Insights (SPGCI), hay al menos 35 instalaciones de fabricación de baterías eléctricas en etapa de

planificación, construcción u operación en EE. UU. Seis empresas implicadas en el desarrollo de estas instalaciones ya comprometieron más de USD 11 000 millones durante los próximos cinco años para la futura producción de litio ferrofosfato (LFP) y varios proyectos anunciados de níquel-cobalto-manganeso (NCM), lo que pone de relieve las importantes inversiones que se están realizando en ambas áreas.

En 2023, el carbonato de litio representó el 89,4 % de los costos de materia prima para los cátodos de LFP, mientras que el hidróxido de litio representó el 62,9 % de los costos para los cátodos de NMC-811, según datos de SPGCI. Una caída de los precios de los metales de las baterías ayudó a bajar un 30 % interanual el costo promedio de las baterías.

Hay aproximadamente 125 proyectos de extracción de litio en marcha en el oeste de EE. UU. Estos proyectos enfrentan no solo los precios bajos, sino también desafíos como la complejidad de la normativa, la lentitud de los procesos de concesión de permisos, cuestiones medioambientales y la falta de una tecnología de extracción a escala comercial.

No obstante, Stardust Power ha anunciado sus planes de entrar en la cadena de suministro de litio de EE. UU. construyendo una refinería de litio de gran tamaño en Muskogee, Oklahoma, capaz de procesar diversos insumos de salmuera y producir hasta 50 000 toneladas métricas al año.

Vista desde Norteamérica representa las opiniones de S&P Global Commodity Insights y no refleja las opiniones de ILIA.

Platts®
S&P Global
Commodity Insights

Vista desde SUDAMÉRICA

De Daniel Jiménez, iLiMarkets

En Sudamérica, se produjeron avances notables en el sector de litio durante el segundo y el tercer trimestre de 2024 en Chile, Argentina, Brasil y Bolivia.

Avanza la Estrategia Nacional del Litio en Chile: en Chile, el Gobierno siguió avanzando con la implementación de su Estrategia Nacional del Litio. Sobre un total de 69 salares, 2 estarán controlados por empresas estatales, 5 implicarán asociaciones público-privadas, 27 estarán abiertos a empresas privadas y el resto quedó o quedará bajo protección medioambiental.

Codelco, la productora de cobre estatal de Chile, mantendrá una participación mayoritaria en proyectos de litio fundamentales en el Salar de Atacama y el Salar de Maricunga. Codelco y SQM acordaron formar una empresa conjunta con participaciones igualitarias para manejar la operación de SQM en Atacama hasta 2060. El contrato de arrendamiento original de SQM habría expirado en 2030. En el Salar de Maricunga, donde Codelco tiene un contrato especial de operación de litio (CEOL), la compañía consolidó gran parte de la propiedad minera al adquirir el proyecto de Salar Blanco de Lithium Power International por USD 244 millones y recibir la propiedad minera de SQM como parte del acuerdo de Atacama.

Codelco también busca un socio estratégico con una participación potencial del 49 %. Entre los posibles candidatos mencionados figuran Eramet, Ganfeng Lithium, Rio Tinto y Aramco. ENAMI, otra empresa estatal, también está avanzando con el proyecto de Salares Altoandinos, que incluye cuatro salares. Se está buscando un socio y se espera la toma de una decisión final para marzo de 2025. Mientras tanto, se están llevando a cabo campañas de exploración en los salares Aguilar, Grande y La Isla, y se ha iniciado un proceso de consulta con los pueblos originarios para revisar las solicitudes

de CEOL. El interés por el sector de litio chileno sigue siendo elevado; 54 empresas de 10 países presentaron 88 manifestaciones de interés a través de un proceso de solicitud de información (RFI). Se espera que los contratos estén finalizados para mediados de 2025.

En este trimestre, Albemarle aumentó la producción en La Negra, con lo cual los volúmenes anuales de exportación llegaron a 53 000 toneladas métricas de carbonato de litio equivalente (LCE). Por último, en sus ingresos del segundo trimestre, SQM también registró un récord de exportaciones y volúmenes de venta.

Argentina: retrasos ante la presión de los precios:

Argentina sufrió retrasos en el desarrollo de proyectos debido a los bajos precios del litio y a problemas de financiamiento. Argosy Minerals suspendió las operaciones en su proyecto de litio Rincón, decisión que justificó con las condiciones del mercado y la necesidad de preservar el capital. Eramet anunció un retraso en la puesta en marcha de su producción en su planta de litio de Centenario. El plan original contemplaba comenzar a producir en junio, fecha que se aplazó a noviembre. El objetivo es alcanzar una capacidad anual de 24 000 toneladas métricas de LCE para mediados de 2025. Arcadium Lithium anunció retrasos en la ampliación de sus instalaciones de Fénix y del proyecto Sal de Vida, otro ejemplo de las incertidumbres en el mercado. Zijin Mining también parece retrasarse por motivos técnicos.

El proyecto Caucharí-Olaroz, propiedad conjunta de LAAC y Ganfeng Lithium, que comenzó su producción en el tercer trimestre de 2024, anunció que está produciendo al 70 % de su capacidad nominal de 40 000 toneladas métricas de LCE al año y proyecta producir entre 20 000 toneladas métricas y 25 000 toneladas métricas de LCE en

2024, en línea con las proyecciones anteriores.

Brasil: tendencia a la consolidación: en Brasil, el mercado se está consolidando, sobre todo tras la adquisición del proyecto de espodumena de Latin Resources por la australiana Pilbara Minerals. La decisión demuestra un creciente interés por el papel cada vez más importante de Brasil en la cadena de suministro del litio. Lithium Ionic firmó un acuerdo de regalías mineras por un valor de USD 20 millones con Appian Capital Advisory LLP. Los fondos se utilizarán para continuar con el desarrollo y la construcción del proyecto de litio Bandeira de la compañía en el Valle del Litio de Brasil, conocido por su rica concentración de pegmatitas con contenido de litio, y para fines corporativos generales y capital de trabajo.

Bolivia avanza: en agosto, Yacimientos de Litio Bolivianos (YLB) y la empresa china CITIC GUOAN presentaron estudios de factibilidad para una nueva planta industrial de EDL en el norte del Salar de Uyuni. La presentación a los dirigentes locales de Coroma demostró la factibilidad técnica y financiera del proyecto, con hincapié en el uso sostenible del agua y las oportunidades de desarrollo para la región.

En resumen, el sector del litio de Sudamérica enfrenta una caída de los precios de los productos químicos de litio que está causando retrasos en los proyectos y ralentizando las expansiones debido a las dificultades de financiamiento. A pesar de estos desafíos, sigue habiendo mucho interés por la extracción de litio, ya que los costos de producción se sitúan, en general, en el extremo inferior de la curva de costos.



*Vista desde Sudamérica
representa las opiniones
de iLiMarkets y no refleja
las opiniones de ILIA.*



LA SOSTENIBILIDAD EN PRIMER PLANO

Interacción con la comunidad en Lithium Business en Araçuaí, Minas Gerais, Brasil. Hay muchas conferencias sobre el sector de litio, pero pocas se centran tanto en interactuar con la comunidad como Lithium Business. Informe de Astrid Karamira, de ILiA.

Al embarcar en mi vuelo de Lisboa a Belo Horizonte el 1 de julio de este año, no podía imaginar cómo serían los días que me aguardaban.

Era mi primera visita a Brasil, para asistir a la segunda edición de la conferencia Lithium Business en Araçuaí, una pequeña ciudad minera del estado de Minas Gerais. El organizador, el profesor Rossandro Ramos, había invitado a ILiA a hacer una presentación en la conferencia y, como la única integrante lusófona del equipo, tuve la suerte de representar a la Asociación en este evento en el valle del litio de Jequitinhonha.

Después de dos vuelos y cinco horas de viaje en coche, llegué a Araçuaí pensando que sería otra típica conferencia sobre el litio como muchas otras, pero fue algo muy distinto. El lugar de celebración fue el club de tenis de Araçuaí, por lo que gran parte de la conferencia tuvo lugar al aire libre. Todo lo que ocurría en el escenario principal (discursos de apertura, charlas, mesas redondas) se retransmitía por *streaming* a una gran pantalla en el exterior, en una zona que parecía un espacio público para ver un partido de fútbol de la Copa del Mundo.



La mayoría de las principales empresas de minería de litio con actividades en la región del "Valle del Litio" (Companhia Brasileira de Lítio (CBL), Sigma Lithium, Latin Resources, Lithium Ioniq) tenían stands de exposición y se hizo especial hincapié en la educación, no solo sobre el litio, sino también sobre el sector de litio en un sentido más amplio, incluidos sus efectos y beneficios para la comunidad local.

Mientras visitaba los diferentes expositores, me encontré de repente entre puestos donde se vendían piedras preciosas, joyas, miel y cachaza. Una parte fundamental del espíritu de la conferencia era reunir a las empresas de minería de litio y a las comunidades. Esto también explica su ubicación: el "Valle del Litio" y no Belo Horizonte u otra gran ciudad brasileña. Lithium Business aportó el espacio para que todos se reunieran y se conocieran, y salió muy bien. La señora que vendía su cachaza (una de las mejores de Brasil, según me contaron) y el señor que vendía piedras preciosas visitaron los puestos de las empresas

de minería y aprendieron más sobre la extracción de litio en la región, y los representantes de las empresas de minería les compraron joyas, cachaza y piedras preciosas. Fue un excelente ejemplo de beneficios mutuos y una forma genial de obtener la "licencia social para operar" no solo para una empresa, sino para toda una región.

Por la noche, una banda local tocó samba y muchos participantes sacaron a relucir sus pasos de baile.



La conferencia Lithium Business 2024 demostró cómo es posible integrar a la comunidad a la minería del litio desde el principio del proceso y que otros aprendan de este tipo de creación y educación conjuntas. ¡Fue estupendo conocer a tantos de nuestros miembros (AMG Brazil, CBL, Latin Resources y Sigma Lithium) en persona y espero con entusiasmo poder participar de nuevo en la edición del próximo año de Lithium Business en Araçuaí!



Conversación con DAVID F. BOUTT, PH. D.

Profesor de Hidrogeología en el Departamento de Ciencias de la Tierra, Geografía y Clima de la Universidad de Massachusetts en Amherst y Socio Honorario de ILiA



¿Cómo llegó a estudiar los salares?

Siempre me han atraído los desafíos complejos. Además, desde pequeño, cuando vivía en los suburbios de Detroit, sentía especial interés por el agua, aunque en esa época la mayoría de mis compañeros y familiares trabajaban en la industria automovilística.

Al principio me interesó la geología porque me fascinaba el tiempo profundo y cómo se forman las montañas, los volcanes y los paisajes bellos. Pero la Universidad Estatal de Michigan, donde estudié, está situada en el Medio Oeste de EE. UU., donde no había una industria minera importante, así que la mayoría de los geólogos se dedicaba al petróleo y el gas.

Siempre me han parecido muy interesantes los problemas relevantes para la sociedad, y habiendo estudiado el agua, y las

aguas subterráneas en particular, me resultó natural pasar de la geología a la hidrogeología. Me trasladé al Instituto de Minería y Tecnología de Nuevo México para hacer mi doctorado porque tiene uno de los mejores programas de hidrogeología de Estados Unidos. Allí el paisaje es desértico y pude abordar muchas cuestiones sobre la recarga de las aguas subterráneas, especialmente en condiciones áridas.

En Nuevo México conocí a LeeAnn Munk [véase la edición nro. 3 de *The Lithium Voice*] y muchos años después, cuando ella estaba estudiando Clayton Valley, Nevada, y el Salar de Atacama en Chile, se puso en contacto conmigo e inmediatamente me interesé. Los salares son realmente espectaculares y para entenderlos hay que analizar tanto la geología como la ingeniería hidrogeológica, así como todas las subdisciplinas de la geología, desde la vulcanología y la sedimentología hasta la geoquímica, la estructura y la mineralogía. ¡Todo es relevante en esos sistemas! Eso es lo que me entusiasma, la complejidad.

¿Recuerda su primera visita a un salar sudamericano?

¡Claro que sí! Ya había estado en muchos valles cerrados de Estados Unidos, como el Valle de la Muerte, pero al llegar al Salar de Atacama quedé completamente alucinado por la inmensa escala de la cuenca y la inhóspita topografía de las montañas.

Desde entonces, he hecho todo el trabajo de campo que pude. Por ejemplo, actualmente estamos trabajando en un proyecto en Argentina y cada vez que lo visitamos aprendemos cosas nuevas sobre el

funcionamiento del sistema. ¡Es que no se puede estudiar un salar sin visitarlo!

¿Tiene algún consejo para los promotores que buscan salares?

Hay que tener en cuenta todo el contexto, no solo la salmuera. Muchos de nuestros avances más importantes en la comprensión del tema han venido de observar toda la longitud del flujo, desde la salmuera hasta el borde de la cuenca. Por ejemplo, ¿en qué etapa se recoge el litio de las rocas y se arrastra hasta la cuenca en forma de flujos de entrada de agua?

La disponibilidad de agua dulce y no salada también es muy importante, como lo han demostrado las empresas de minería Albemarle y SQM, que incluso están evaluando transportar agua de mar desalinizada a sus explotaciones de litio en el Salar de Atacama.

En el plano técnico, es muy importante recordar la edad y los procesos de convección en un salar. Las salmueras han evolucionado durante millones de años y no se quedan quietas.

¿Qué le depara el futuro a la producción de litio a partir de salares?

La mayoría de las salmueras que se bombean desde los años 1980 proceden de los 30 metros superiores de los salares, pero también hay salmueras ricas en litio en el subsuelo, tanto en el Salar de Atacama como en los salares argentinos. Esas salmueras

podrían ser excelentes objetos de exploración y se parecerían más a los trabajos en marcha para extraer litio de salmueras geotérmicas o de yacimientos petrolíferos.

¿A qué desafíos se enfrenta la hidrogeología de los salares?

Estudio este tema para descubrir nueva información y nuestro grupo se enorgullece de publicar artículos en las mejores revistas científicas. Sin embargo, no todo lo que se publica sobre los salares es de buena calidad. A menudo pasamos mucho tiempo refutando una por una a muchas personas que publican información errónea con fines políticos o comerciales.

En el plano técnico, es muy importante recordar la edad y los procesos de convección en un salar. Las salmueras han evolucionado durante millones de años y no se quedan quietas. Por ejemplo, en el Salar de Atacama, tras una tormenta de lluvia poco frecuente, la sal de la superficie se disuelve, lo que altera la conductividad hidráulica y crea nuevas vías por las que pueden fluir los líquidos, pero al cabo de una década estos flujos cesan.

Aunque sabemos que parte del agua de los salares es muy antigua, es difícil datarla con exactitud. El agua de lluvia dulce contiene tritio,



Créditos: D.F. Boutt

un isótopo radiactivo del hidrógeno con una vida media de unos 12 años, pero que desaparece al cabo de un siglo. Es posible hacer estimaciones basadas en el carbono inorgánico disuelto en el agua, pero el riesgo de hacerlo en una zona de mucha actividad volcánica como los Andes es que el carbono muy, muy antiguo, que procede de las profundidades de la Tierra, contamine las lecturas.

¿Cómo debe ser un buen hidrogeólogo?

La hidrogeología tiene tres pilares que se complementan entre sí: el modelado, la hidrogeoquímica y la hidrogeología física. LeeAnn y yo trabajamos bien juntos porque ella aporta su experiencia en geoquímica y yo, mi formación en hidrogeología física. Nos desafiamos uno al otro y cada uno de nuestros enfoques cuenta una parte de la historia.

Para quienes quieran dedicarse a la hidrogeología, un buen punto de partida es contar con un buen conocimiento del modelado de flujos de aguas subterráneas y nociones de geofísica.

Es importante reconocer que la hidrogeología es un juego de equipo. El trabajo que hacemos LeeAnn y yo es posible porque contamos con la ayuda de excelentes alumnos y

exalumnos, además de increíbles socios empresariales, algo poco habitual en el mundo académico. Por ejemplo, trabajamos codo a codo con Albemarle y Lithium Americas para ayudarlas a comprender los recursos que tienen, y a cambio nosotros mejoramos nuestra comprensión y nuestros modelos de los salares.

¿La salmuera es agua?

¡Estás haciendo la pregunta equivocada! [risas]. No es justo equiparar un litro de salmuera a un litro de agua porque son cosas muy distintas y tienen funciones y lugares muy diferentes en el entorno de un salar. El agua, la salmuera y toda clase de líquidos salobres entre ambas tienen propósitos diferentes en un sistema muy complejo.

¿Tiene un vehículo eléctrico?

Todavía no, ¡estoy aprovechando al máximo las emisiones incorporadas de mis coches actuales antes de efectuar el cambio!

Pero sin duda compraré uno. Hace poco, cuando mi familia y yo fuimos a hacer ciclismo de montaña por las montañas del sur de Polonia, solo podíamos alquilar modelos eléctricos. No había probado uno antes, ¡pero la pasamos muy bien!



Créditos: D.F. Boutt



NUEVA GUÍA SOBRE EL ACV DEL LITIO (2.ª PARTE)

Nueva guía para calcular la huella de escasez de agua de los productos del sector de litio

Los ACV son cada vez más importantes para la industria y los reguladores. Actualmente, la única guía normalizada para realizar un ACV del litio cubre la huella de carbono del producto (véanse las ediciones nro. 2 y nro. 5 de *The Lithium Voice*), pero esto está a punto de cambiar con la publicación de una nueva iniciativa del sector, la *Huella de escasez de agua de los productos de litio (PWSF)*, gestionada por el Subcomité de Litio Sostenible de ILiA.

Los ACV se están convirtiendo en un documento estándar para muchos productos. Aunque un ACV suele describir más de diez "factores de impacto medioambiental", de los cuales se pone más atención al Potencial de Calentamiento Global (o huella de carbono de los productos), la huella hídrica en la producción de litio está suscitando más interés a medida que se hacen cada vez más afirmaciones sobre el impacto mundial o local del consumo de agua en el sector de litio sobre la base de datos científicos limitados.

El objetivo del proyecto de ILiA es fomentar declaraciones comparables acerca del consumo de agua de cada producto y de la huella de escasez de agua para complementar los informes voluntarios y/u obligatorios en las empresas. Cabe señalar que el proyecto se centra en las huellas de los productos del agua azul* (delimitada a partir de las salmueras) y no trata las repercusiones ecológicas o sociales locales. La huella de escasez de agua es una métrica que cuantifica la contribución potencial de la demanda directa de agua azul a la escasez de agua en todas las áreas de producción de la cadena de valor del producto. Por "agua azul" se entiende el agua

extraída de lagos, ríos y depósitos subterráneos, a diferencia del "agua verde", que se refiere a las precipitaciones que se evaporan fácilmente y no reponen los niveles de las aguas subterráneas. Cabe señalar que el agua azul no es apta para consumo humano.

Este proyecto constituye el primer esfuerzo global para definir cómo podría calcularse la PWSF de los productos de litio y no sustituye explícitamente a los informes corporativos.

Aunque los informes sobre el uso del agua en la minería aún no están muy extendidos, nuevas normas contemplarán aspectos sobre el uso del agua en el futuro. Por ejemplo, se espera que la presentación de una declaración PWSF se vuelva obligatoria para acceder al mercado de productos de litio grado batería de la UE en virtud del Reglamento sobre diseño ecológico de productos sostenibles (ESPR) de la UE a partir de febrero de 2027.

¿Por qué crear una nueva guía?

- Una nueva guía brindaría a los miembros un conjunto más completo de herramientas para tratar de forma coherente las diversas preocupaciones de clientes, inversores, ONG, responsables de la elaboración de normas y legisladores.
- El uso voluntario de la Guía para el cálculo de la PWSF de ILiA para realizar declaraciones al público se ajustará a las normas mundiales porque las interpreta en el ámbito de la industria del litio, sin crear una carga adicional para la presentación de informes.
- Comprender la PWSF de un proceso de producción impulsa la mejora continua y la innovación.

¿QUÉ ES UN ACV?

Un análisis de ciclo de vida (ACV) es un proceso de evaluación de los efectos de un producto sobre el medioambiente a lo largo de su vida útil, lo que aumenta la eficiencia en el uso de los recursos y reduce las responsabilidades. Un ACV puede utilizarse para estudiar el impacto medioambiental de un producto o de la función para la que está diseñado. Este tipo de análisis suele conocerse como análisis "de la cuna a la tumba".

Los elementos clave de un ACV son (1) la identificación y cuantificación de las cargas medioambientales implicadas (p. ej., la energía y las materias primas consumidas, las emisiones y los residuos generados); (2) una evaluación de los posibles efectos medioambientales de dichas cargas; y (3) una evaluación de las opciones disponibles para reducir dichos efectos.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

Nuestra propuesta para el litio

La guía para el cálculo de la huella de escasez de agua de los productos de litio que proponemos contemplará los siguientes aspectos:

- Definirá la metodología específica para el sector de producción de litio y hará referencia a las normas existentes siempre que sea posible.
- Se alinearán con las normas existentes, como la ISO y los métodos de la huella ambiental de la UE, la *Guía de buenas prácticas para la elaboración de informes sobre el agua* del Consejo Internacional de Minería y Metales (ICMM) y el *Manual de evaluación de la huella hídrica* de la Red de la Huella Hídrica (WFN).

- Se limitará al *cradle-to-gate*, sin abarcar la etapa de uso y el reciclaje del litio.
- Será una guía práctica y fácil de usar, agnóstica a la ruta de producción, tecnología o geografía.

La pertenencia de ILiA al Consejo Internacional de Minería y Metales (ICMM) y a la Global Battery Alliance (GBA) contribuye a garantizar que nuestra guía sobre el litio se ajuste también a otras materias primas para baterías.

La situación actual y el camino por delante

El proyecto comenzó en mayo de 2024, está dirigido por el Subcomité de Litio Sostenible de la Asociación y cuenta con apoyo del Grupo de Trabajo de la PWSF, con una amplia representación de todo el sector de litio, incluidas personas que no son miembros de la Asociación y expertos académicos. La participación está abierta tanto a los miembros de ILiA como a quienes no lo son, y se invita a participar a todas las partes interesadas. Esta estructura sigue un diseño similar al del proyecto para calcular la huella de carbono de los productos que finalizó a principios de este año (véase la edición nro. 5 de *The Lithium Voice*).

El borrador de la guía será redactado por Johannes Drielsma, un jefe de proyecto independiente con



La guía para calcular la huella de carbono de los productos (HCP) de litio ya se encuentra disponible en inglés, español y chino

La innovadora guía de ILiA para calcular la HCP de los productos de litio ya está disponible en inglés, chino y español como parte de la misión de la Asociación de difundir lo más posible información relevante acerca de la industria de litio. Las tres ediciones pueden consultarse en www.lithium.org.

amplia experiencia en la redacción de guías sobre la huella de carbono y la gestión de procesos complejos con múltiples partes interesadas. El primer taller del grupo de trabajo se celebró a mediados de junio y el segundo, a mediados de septiembre. Se organizarán dos rondas más de consultas y talleres.

El objetivo del Subcomité de Litio Sostenible es terminar el borrador final de la guía para principios de 2025. La intención es establecer un buen punto de partida y se pretende revisarla y perfeccionarla en función de la experiencia futura.

El Subcomité de Litio Sostenible de ILiA está formado por Mark De Boer (Presidente, Albemarle Corp.), Dana Graves (Arcadium Lithium), Austin Devaney (Piedmont Lithium), Eulogio Almanza (Pilbara Minerals), Rajini Janardhan (Rio Tinto), Renaud Thiard (Sibanye Stillwater), Valentín Barrera (SQM) y Christina Wang (Tianqi Lithium).

*Por "agua azul" se entiende el agua dulce superficial y subterránea, el agua de lagos, ríos y acuíferos de agua dulce (WFN, 2011) con una concentración de sólidos disueltos de hasta 1000 mg/L (USEPA, 1979; UE, 1998; OMS, 2011) y flujos o reservas de aguas superficiales y subterráneas, excepto las precipitaciones y la humedad superficial del suelo (Hoekstra *et al.*, 2012 en Northey, 2018).

The Lithium Voice

¡Suscríbase hoy mismo para no perderse ninguna edición! Gratis, en www.lithium.org

La nueva guía de ILiA

“Cómo calcular la huella de carbono de los productos de litio” fue creada para que cualquiera pueda calcular de una forma normalizada, replicable y comparable la huella de carbono de los productos (HCP) de los pasos intermedios clave del litio y los químicos de especialidad de hidróxido y carbonato de litio grado batería. Es agnóstica a la ruta de producción.

Este es el primer intento a nivel mundial para normalizar la guía de HCP de litio, y representa el esfuerzo colaborativo de más de 40 organizaciones de todo el mundo. Está disponible en inglés, chino y español.

Descarga gratuita disponible en <https://lithium.org/guidance/>



The International Lithium Association Ltd (ILiA) es una asociación industrial sin fines de lucro para la cadena de valor de litio. ILiA es administrada por y para sus miembros.

www.lithium.org