



Del petróleo a las baterías

Transición a un mundo electrificado

Autor

Rafael Torres Muñoz
Email: rtorres@bcn.cl
Tel.: 56 2 2270 1869

Nº SUP: 137.316

Documentos disponibles en:
<https://atp.bcn.cl>

Resumen

El advenimiento de la electromovilidad, las energías renovables y el cambio climático -como ominoso telón de fondo- han impulsado las tecnologías de producción de baterías, cuya características definitorias son su capacidad de almacenar energía eléctrica y la no producción de gases de efecto invernadero.

En la actualidad, las baterías basadas en litio son las que dominan el mercado, pero nuevas generaciones de baterías utilizan novedosas tecnologías basadas en diversas combinaciones de materiales en sus diferentes componentes y aún distintas geometrías (baterías de flujo, por ejemplo) para diversa aplicaciones específicas. Las baterías, por otra parte, proporcionan soluciones para la producción, envasado y transporte de energía, probando así ser una buena opción para alcanzar un futuro ambientalmente limpio.

El suministro de litio, sin embargo, debería aumentar para satisfacer la demanda que se prevé. Lo que impulsa los esfuerzos para desarrollar tecnologías avanzadas de baterías con otros materiales, más abundantes en la Tierra, y reduciendo así la demanda por litio,

Prueba de ello, es que se han desplegado grandes esfuerzos para encontrar materiales sustitutos. Entre ellos, el más promisorio y abundante -como se señala al final- es el sodio, cuya importancia y desarrollo serán objeto de la segunda parte de este informe.

Introducción

Este documento -el primero de una serie de dos- es una oferta dirigida a las Comisiones de Minería y Energía de la Cámara de Diputados Diputadas y Diputados y del Senado. Se enfoca en los aspectos característicos de las baterías eléctricas que –en la actualidad- se utilizan en la industria de los vehículos eléctricos (EV) o electromovilidad y en almacenamiento de energía eléctrica. Se abordan su estructura, funcionamiento, tecnologías, mercados y disponibilidad. En su elaboración se consultaron fuentes académicas, industriales y de investigación avanzada.

Las traducciones son del autor.

Antecedentes

Hasta ahora, las necesidades energéticas del ser humano han sido satisfechas principalmente través de la combustión de combustibles fósiles, ya sea en forma directa o a través de procesos de transducción de energía calórica en energía cinética, potencial o eléctrica. El precio ha sido la degradación del medioambiente, el calentamiento global y sus consecuencias de creciente intensidad a nivel de biósfera¹.

Los esfuerzos, en consecuencia, se han orientado a la producción de electricidad, mediante procesos que permitan tratarla esencialmente como un combustible líquido (o gaseoso), es decir, producida, envasada, transportada y utilizada. Con una condición: todos esos procesos deben ser “cero carbono”. La respuesta, hasta ahora, son “las baterías”².

En esta primera parte del trabajo, se explica en qué consisten, las diversas tecnologías utilizadas para producirlas, y las problemáticas a ellas asociadas.

La tecnología

¿Qué es una batería?

Una batería es un dispositivo de almacenamiento de energía que consiste en una solución química llamada electrolito y un separador que sirve como barrera entre dos terminales: un ánodo y un cátodo. Durante el uso, el electrolito permite el flujo de partículas cargadas, como los iones de litio, desde el ánodo hasta el cátodo. Esto produce una corriente eléctrica que fluye fuera de la batería a un dispositivo a través de un circuito externo. La carga de la batería invierte este proceso³.

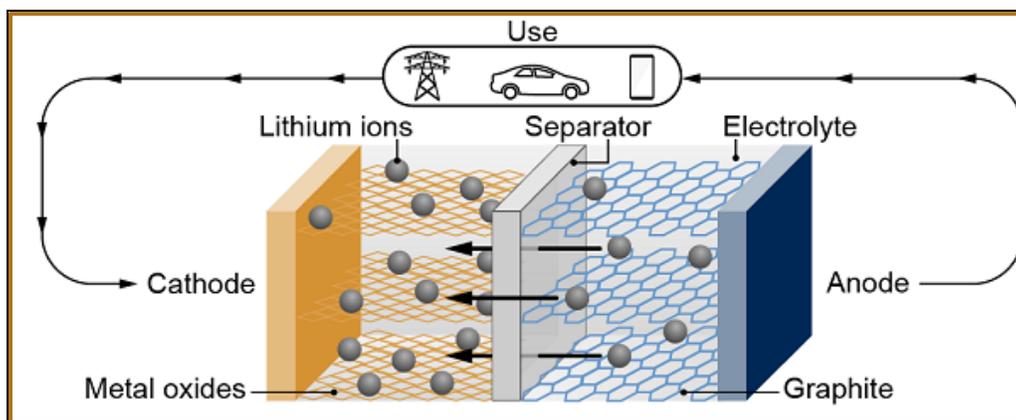
Diferentes aplicaciones, como los vehículos eléctricos o el almacenamiento en la red eléctrica, requieren diferentes propiedades de la batería, como el tamaño, el peso, la portabilidad o la duración del uso, cada una con sus propias ventajas y desventajas. La figura 1 a continuación, esquematiza el funcionamiento de una batería de Litio (Li).

¹ What is Climate Change? Disponible en: <https://www.un.org/en/climatechange/science/key-findings#physical-science>. Enero 2023.

² The Importance of Batteries in Renewable Energy Transition. Disponible en: <https://knowhow.distrelec.com/energy-and-power/the-importance-of-batteries-in-renewable-energy-transition/>, Enero 2023.

³ “Science and Tech Spotlight” <https://www.gao.gov/assets/gao-23-106332.pdf>. Enero 2023.

Figura 1.- Funcionamiento de una batería de Li durante su uso. Las flechas indican el sentido del flujo de cargas.



Fuente: Science & Tech Spotlight. Advanced Batteries ⁴

La mayoría de las investigaciones actuales sobre baterías se centran en los sistemas basados en litio, que pueden almacenar mucha energía en un volumen pequeño y ser sometidos a muchos ciclos de carga. Pero, según un informe de investigadores de La Universidad Tecnológica de Lappeenranta-Lahti en Finlandia, y la Universidad de Augsburg en Alemania, "... la sostenibilidad del suministro de litio a largo plazo y, en consecuencia, el mantenimiento de la transición energética a altos niveles de electrificación, particularmente en el sector del transporte, está en riesgo. La demanda de baterías de litio es el principal impulsor del déficit observado."⁵

La popularidad de los vehículos eléctricos se ha reflejado en la actividad minera, Greim *et al* informan que la demanda de litio en 2015 se situó en alrededor de 34,6 kilotonnes (kt). Alrededor del 60% de ese volumen fue para uso sin batería, con una cuarta parte de la demanda general de electrónica de consumo y mercados tradicionales de baterías, el 14% para el despliegue de vehículos eléctricos y solo el 1% para el almacenamiento de energía estacionaria. El año anterior (2019), la demanda mundial de litio había aumentado a 49kt, con un 60% para su uso en productos relacionados con baterías. Con alrededor de mil millones de vehículos ligeros en las carreteras y el número se espera que aumente a 3 mil millones para 2050. Electrificar la flota mundial podría reducir enormemente el suministro de litio⁶.

Consecuentemente, el suministro de litio debería aumentar para satisfacer tal demanda, lo que impulsaría los esfuerzos para desarrollar tecnologías avanzadas de baterías con otros materiales, más abundantes en la tierra, y reduciendo así la demanda por Litio, diversificando la oferta y reduciendo la demanda por dicho metal.

Iniciativas

Los científicos están explorando cómo reemplazar elementos críticos en varios componentes de las baterías de iones de litio para mejorar su rendimiento y seguridad mientras se utilizan materiales más sostenibles, ampliamente disponibles y rentables. Por ejemplo, el material estándar utilizado para el ánodo de las baterías de iones de litio es el grafito, el mismo material de carbono escamoso utilizado en

⁴ "Ibídem.

⁵ "Wider wind-solar complementarity would mean less need for storage." Disponible en: <https://www.pv-magazine.com/2020/08/26/wider-wind-solar-complementarity-would-mean-less-need-for-storage/>. Enero 2023.

⁶ How long will the lithium supply last? Disponible en: <https://www.pv-magazine.com/2020/09/15/how-long-will-the-lithium-supply-last/>. Enero 2023

los lápices. Sin embargo, el silicio es un material barato y más fácilmente disponible que es más seguro y potencialmente puede almacenar 10 veces más litio para un mismo peso⁷.

También se están probando materiales de cátodo alternativos para baterías de iones de litio. Por ejemplo, normalmente se usan diferentes óxidos metálicos en el cátodo para interactuar con el litio y darle a la batería diferentes rasgos. Alternativamente, las baterías de litio-azufre contienen un cátodo a base de azufre que reacciona con los iones de litio para formar sulfuro de litio, lo que podría permitir que las celdas almacenen 5 veces más energía que una batería de iones de litio convencional. El azufre es un elemento abundante que se puede extraer en muchos lugares del planeta, particularmente aquellos con abundante actividad volcánica. Esto lo convierte en una alternativa más sostenible a otros metales de uso común en cátodos de baterías de iones de litio, como el cobalto, que es costoso y puede provenir de minas con prácticas laborales o mineras controvertidas⁸.

Otro avance reemplaza el electrolito típicamente líquido, que puede ser inflamable y puede incendiarse cuando se sobrecalienta, con materiales más seguros y estables. Por ejemplo, el uso de un electrolito sólido, como un material cerámico o vítreo, puede evitar la acumulación de cristales de sal de litio que pueden cortocircuitar el circuito de la batería y causar incendios. Estas baterías de estado sólido tienen el potencial de almacenar el doble de energía que las baterías de iones de litio convencionales, lo que aumenta el tiempo que la batería puede funcionar antes de que necesite recargarse⁹.

Las baterías de iones de litio generalmente se limitan al uso de corta duración. Las baterías recargables de metal-aire y las baterías de flujo pueden permitir una mayor duración de almacenamiento, lo que podría proporcionar ventajas en el almacenamiento intermitente de energía producida a partir de fuentes renovables para su uso cuando sea necesario¹⁰.

Las baterías Metalair utilizan un ánodo metálico emparejado con un cátodo poroso para permitir el flujo de oxígeno del aire circundante. Debido a que un terminal es poroso, estas baterías son más livianas que las baterías convencionales. Los investigadores han investigado una variedad de metales, como aluminio, litio, sodio, estaño y zinc, para su uso potencial. Cada uno viene con diferentes ventajas y desventajas. Por ejemplo, la batería de aluminio-aire es liviana, reciclable, hecha de materiales comunes y baratos, pero es difícil de recargar debido a su tendencia a la corrosión¹¹.

⁷ “Silicon-based vs. carbon-based battery anodes”. Disponible en: https://www.power-and-beyond.com/silicon-based-vs-carbon-based-battery-anodes-a-1037166/?cmp=go-ta-art-trf-PuB_DSA-20230124&qclid=CjwKCAiA5sieBhBnEiwAR9oh2i-hv5KFKEq3cWM-Htdj62hpQCmBFKNWigCIN2wr20a1bBoqnbWbRoCEF0QAvD_BwE. Enero 2023.

⁸ “The development of techno-economic models for the assessment of utility-scale electro-chemical battery storage systems”. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261920317256>. Enero 2023

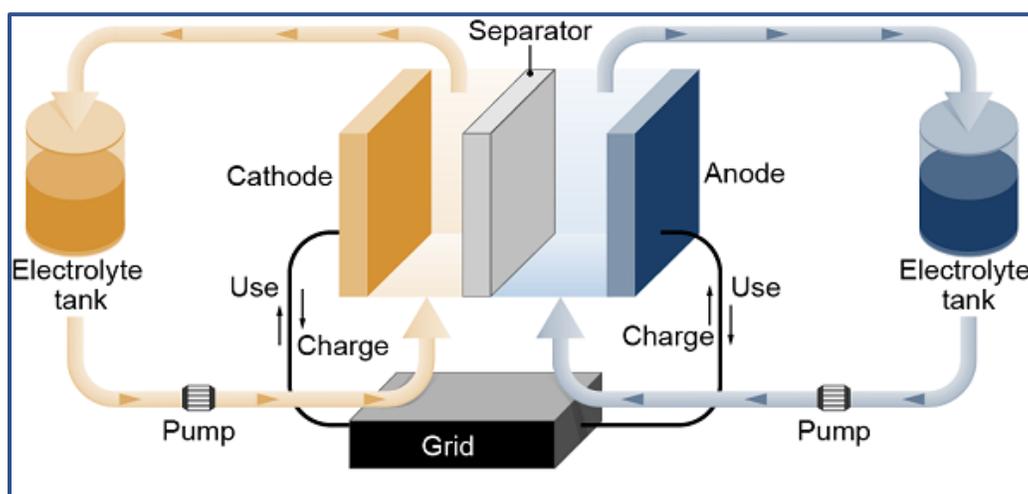
⁹ “Ceramic and polymeric solid electrolytes for lithium-ion batteries”. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037877531000234X>. Enero 2023.

¹⁰ “Energy Storage Materials”. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S240582971931089X>. Enero 2023.

¹¹ “Science & Tech Spotlight: Advanced Batteries”. Disponible en: <https://www.gao.gov/products/gao-23-106332#:~:text=Metal-air%20batteries%20use%20a%20metal%20anode%20paired%20with,aluminum%2C%20lithium%2C%20sodium%2C%20tin%2C%20and%20zinc%E2%80%9494for%20potential%20use..> Enero 2023.

A diferencia de las baterías recargables estándar, las baterías de flujo almacenan electrolitos líquidos en tanques externos (Figura 2). Debido a que no hay límite de tamaño para los tanques externos, la capacidad de almacenamiento de la batería de flujo se puede ampliar según sea necesario. Esto los hace ideales para almacenar grandes cantidades de energía para la red, aunque no para aplicaciones portátiles como vehículos eléctricos.¹²

Figura 2 : Funcionamiento de Batería de Flujo, de Vanadio. Obsérvense los depósitos de externos de electrolitos.



Fuente: Science &Tech Spotlight : Advanced Batteries¹³

¿Qué tan maduras están las tecnologías?

De acuerdo a Rahman et al (2021) los avances en las baterías de iones de litio se encuentran en varias etapas de investigación, desde las firmemente asentadas para uso comercial en vehículos eléctricos o almacenamiento en la red, hasta aquellas con cátodos a base de azufre, ánodos a base de silicio y electrolitos sólidos, que se encuentran en la fase piloto para aplicaciones de transporte, y las dos últimas se están probando para su uso en vehículos eléctricos. Las baterías con ánodos basados en silicio, por otra parte, solo están disponibles comercialmente en dispositivos electrónicos pequeños.

Las baterías de metal-aire no recargables se pueden encontrar en dispositivos como audífonos; sin embargo, actualmente ninguna química de batería recargable de metal-aire ha alcanzado la comercialización a gran escala¹⁴.

¹² "Vanadium flow batteries at variable flow rates". Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352152X21012998>. Enero 2023.

¹³ "The development of techno-economic models for the assessment of utility-scale electro-chemical battery storage systems". Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261920317256>. Enero 2023

¹⁴ "Metal-Air Batteries—A Review". Disponible en: <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/21/7373>. Enero 2023.

Oportunidades

- Los 30 años de experiencia en el desarrollo de baterías de iones de litio basadas en cátodos de óxido metálico en capas y ánodos de grafito, permiten afirmar que ahora se acercan a sus límites específicos de densidad de energía¹⁵.
- Las baterías avanzadas podrían ser clave para alejarse de los combustibles fósiles para el transporte y la generación de energía. Por ejemplo, podrían ayudar a la red a almacenar mayores cantidades de energía intermitente de fuentes renovables para su uso en momentos en que las condiciones climáticas no producen suficiente energía o se necesita un aumento de energía¹⁶.
- Un aumento en la capacidad de la batería y el número de ciclos de carga a través de tecnologías avanzadas de baterías podría ayudar a los vehículos eléctricos a viajar más lejos entre cargas y aumentar la vida útil de la batería¹⁷.

Desafíos¹⁸

- Los costos iniciales para la fabricación de tecnologías avanzadas de baterías son altos.
- Las regulaciones pueden variar según la jurisdicción, lo que presenta un desafío para las empresas que operan en múltiples ubicaciones.
- La mayoría de las baterías tienen una vida útil limitada, y actualmente existe una tecnología o infraestructura limitada para abordar el reciclaje o la eliminación.

Contexto político e interrogantes

La electrificación de la economía demandará adaptaciones, y reorientaciones de las políticas productivas de los países productores de materias primas. Chile es uno de ellos y algunas reflexiones aplicables a las características de nuestro país son¹⁹:

- ¿Qué tipos de investigación podrían promover los legisladores sobre el uso potencial de tecnologías avanzadas de baterías, para apoyar las fuentes de energía renovables y proporcionar reservas cuando la demanda de energía es alta?
- ¿Cómo podrían promover los legisladores, posibles usos de tecnologías avanzadas de baterías, para vehículos eléctricos y almacenamiento en redes eléctricas?
- ¿Qué medidas podrían tomar los legisladores si quisieran incentivar u operacionalizar los procesos de reciclaje y reutilización de baterías a escala industrial?

La inminente crisis del Litio

Las baterías de iones de litio (Li-ion) de acuerdo a Euronews han tomado al mundo por sorpresa en los últimos años. Son la opción de almacenamiento de baterías más popular en la actualidad, controlando

¹⁵ “Thick Electrode Batteries: Principles, Opportunities, and Challenges”. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/aenm.201901457>

¹⁶ *Ibidem*.

¹⁷ *Ibidem*

¹⁸ *Ibidem*

¹⁹ *Ibidem*

más del 90 por ciento del mercado global de la red. Y almacenan energía de manera eficiente, durante un largo período de tiempo²⁰.

Pero su uso más notable hoy en día es en vehículos eléctricos. Durante la última década, un aumento en la producción de baterías de iones de Litio ha llevado a una disminución del 85% en los precios, haciendo que los automóviles eléctricos sean comercialmente viables por primera vez en la historia²¹.

Las baterías allanan el camino hacia un futuro sin dependencia de los combustibles fósiles, lo que es crucial si se quiere frenar el cambio climático. Pero la explotación del Litio no es lo amigable con el medioambiente que se necesita²².

Muchos señalan que las baterías Li-ion se pueden reciclar, lo que sin duda es una ventaja, ya que significa que se pueden usar una y otra vez en lugar de que la minería tenga que ocurrir cada vez. Pero esto aún no es una práctica universalmente establecida y ha habido un progreso escaso en el reciclaje de baterías en los últimos años. Entonces, si se quiere seguir confiando en las baterías de litio, esto debe mejorar²³.

Como dice Mario Pagliaro en un estudio reciente, "la reutilización y el reciclaje de baterías de Litio ya no es una opción, sino una necesidad inevitable tanto para los fabricantes de baterías como para los fabricantes de vehículos eléctricos de batería"²⁴. Consecuentemente, hay una activa búsqueda de un reemplazo. Especialmente porque no hay garantía de poder encontrar suficiente materia prima o desarrollar técnicas de reciclaje para satisfacer la demanda.

Ahora las miradas se dirigen a Sodio. Tema que, por su relevancia, es abordado en forma independiente un siguiente informe.



Creative Commons Atribución 3.0
(CC BY 3.0 CL)

²⁰ "We're facing a lithium battery crisis: What are the alternatives?" Disponible en: <https://www.euronews.com/green/2022/02/09/we-re-facing-a-lithium-battery-crisis-what-are-the-alternatives>. Enero 2023.

²¹ *Ibidem*.

²² *Ibidem*.

²³ *Ibidem*.

²⁴ "Lithium battery reusing and recycling: A circular economy insight". Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844019347012>. Enero 2023.