

EL LITIO: DEL SUBSUELO A LA BATERÍA

THE LITHIUM: FROM THE UNDERGROUND TO THE BATTERY

Liliana Inés Soto Petit¹

 <https://orcid.org/0009-0007-8105-1190>

Alessandra Valentina Lievano Avendaño²

 <https://orcid.org/0009-0006-8522-4311>

Recibido: 15-10-2025

Aceptado: 25-11-2025

Resumen

Esta investigación se realizó con el objetivo de proporcionar una comprensión detallada sobre los procesos de extracción y procesamiento del litio, destacando su importancia en la industria moderna, especialmente en la fabricación de baterías. El litio es un elemento químico fundamental en la transición energética, este se extrae principalmente de depósitos subterráneos de salmuera y minerales como la espodumena. Su extracción implica procesos específicos de perforación y evaporación en salmueras, y de minería y procesamiento químico en minerales. El litio es crucial en la fabricación de baterías de iones de litio, así como también es indispensable en dispositivos electrónicos y vehículos eléctricos. La selección adecuada del litio y su procesamiento eficiente son esenciales para satisfacer la creciente demanda global. Además, se hace mucho énfasis en la relevancia del control de calidad del litio para así poder garantizar su pureza, rendimiento y seguridad en todas y cada una de sus aplicaciones, abordando todas las técnicas y etapas involucradas en estos procesos, con la finalidad de que se pueda proporcionar un producto de alta calidad.

Palabras clave: Litio, proceso., extracción., calidad., batería.

Abstract

This research was conducted to provide a detailed understanding of lithium extraction and processing, highlighting its importance in modern industry, especially in battery manufacturing. Lithium is a fundamental chemical element in the energy transition, primarily extracted from underground brine deposits and minerals such as spodumene. Its extraction involves specific drilling and evaporation processes in brines, as well as mining and chemical processing of minerals. Lithium is crucial in the manufacture of lithium-ion batteries and is also indispensable in electronic devices and electric vehicles. Proper lithium selection and efficient processing are essential to meet growing global demand. Furthermore, significant emphasis is placed on the importance of lithium quality control to ensure its purity, performance, and safety in all applications. This research addresses all the techniques and stages involved in these processes to provide a comprehensive overview.

Keywords: Lithium., process., extraction., quality., battery.

¹ Universidad Yacambú. Venezuela. Correo: y-30025977@micorreo.uny.edu.ve

² Universidad Yacambú. Venezuela. Correo: y-30025977@micorreo.uny.edu.ve

Introducción

El litio es conocido por ser uno de los primeros elementos formados en el universo, junto con el hidrógeno y el helio.

Se caracteriza por ser un elemento alcalino y su notable capacidad para almacenar energía.

En su forma pura, es un metal blando, de color blanco plata, que se oxida rápidamente en aire o agua. Es el elemento sólido más ligero (0,53 gr/ml), posee alta conductividad térmica, baja viscosidad y el calor específico más alto entre los elementos alcalinos. Se emplea especialmente en aleaciones conductoras del calor y en baterías eléctricas por su capacidad de acumular altas densidades de carga en un espacio pequeño; (Díaz, et al. 2009, p.1).

El litio, es un elemento químico ligero y altamente reactivo, siendo actualmente el componente esencial en diversas tecnologías modernas, incluyendo baterías recargables, electrónica portátil y aplicaciones médicas. Su demanda ha aumentado exponencialmente en los últimos años, impulsada por la creciente adopción de vehículos eléctricos y la transición hacia fuentes de energía renovables. No obstante, lo que más destaca del litio es su capacidad para almacenar energía, permitiendo acumular altas densidades de carga en un espacio pequeño.

“Este metal fue descubierto por el químico sueco Johan August Arfwedson en 1817”. Pero, no fue hasta 110 años más tarde cuando se empezó a sintetizar a escala industrial. Según Buendía-Valverde, et al. (2024), fue la compañía japonesa Sony en 1990 la que provocó un notable aumento en el valor del litio. Sony lanzó al mercado la primera batería recargable de iones de litio, marcando un hito en la industria y abriendo un nuevo horizonte para el uso del litio. Desde entonces, el principal uso de este mineral se encuentra en la manufactura de baterías de litio, substituyendo al níquel.

Si bien el litio es moderadamente abundante, especialmente en zonas volcánicas, esto no implica que sea un recurso inagotable. La creciente demanda del litio está llevando a estimar que las reservas actuales de litio podrían durar unos 365 años. La mayor parte de estas reservas se encuentran mayoritariamente en Latinoamérica, sobre todo en países como Argentina, Chile y Bolivia. En Europa, España también alberga importantes depósitos de litio en muchas de sus antiguas minas, representando entre el 3% y el 5% de la oferta mundial. Para Viscaya (2023).

La gran demanda de litio se debe a que este mineral puede utilizarse en otras tecnologías limpias, como por ejemplo las turbinas eólicas, ya que existen materiales a base de litio usados en la creación de lubricantes y grasas para estos equipos. Asimismo, considerando que el mundo industrial apunta hacia un futuro sostenible con la transición energética y las tecnologías limpias, el litio, gracias a su versatilidad de uso, se convierte en una base esencial para el óptimo desarrollo de estos conceptos que buscan garantizar

un mejor futuro. Adicionalmente, este autor propone que se usen métodos de extracción que no sean tan invasivos y dañinos, ya que la mayoría de los métodos tradicionales producen consecuencias como: agotamiento de recursos hídricos, salinización de suelos y humedales, contaminación del suelo por sustancias y residuos.

Sin embargo, a pesar de su abundancia moderada, es importante tener en cuenta que la extracción del litio a menudo se vuelve complicada debido a su tendencia a formar compuestos con otros minerales. Por lo tanto, aunque es un recurso valioso, los desafíos que presenta su extracción nos recuerdan la importancia de seguir investigando y desarrollando tecnologías sostenibles para aprovechar este metal de manera responsable.

Discusión teórica

La minería de litio es un conjunto de procesos químicos que tienen por objetivo aislar el litio de fuentes naturales para convertirlo en una forma comercializable, comúnmente en un compuesto estable como el carbonato de litio. La minería de litio implica la extracción de minerales o salmueras ricas en litio, generalmente de depósitos subterráneos (Vizcaya, 2023). El litio se obtiene principalmente de dos fuentes: los depósitos subterráneos de salmuera y los minerales de roca como la espodumena (mineral silicato de litio y aluminio). Cada método presenta sus propios desafíos y ventajas. Entre los procesos de extracción más comunes tenemos:

Los depósitos subterráneos de salmuera, el cual es un proceso predominante de extracción comercial de litio, que se realiza a través de salmueras, especialmente en el Triángulo del Litio, una zona geográfica ubicada en las fronteras de Bolivia, Argentina y Chile, así como también en China. Es un método que implica perforar el suelo para acceder a depósitos de agua salada subterráneos. El agua salada se bombea a la superficie y se dirige a estanques de evaporación.

A medida que el agua se evapora, la concentración de litio en la salmuera aumenta, una vez alcanzada la concentración óptima de litio, se transfiere la salmuera a una instalación de recuperación de litio mediante bombeo para llevar a cabo el proceso de extracción del metal y permitiendo su posterior procesamiento para extraer el litio en forma de carbonato de litio. Es importante señalar que, si bien este método es más eficiente en términos de costo y energía comparado con la extracción de minerales de roca, produce un mayor impacto negativo en el medio ambiente pues requiere grandes cantidades de agua y afectando directamente al ecosistema local.

En el caso de las figuras, éstas incluyen las imágenes, gráficos e ilustraciones. Ejemplo:

Figura 1

Planta de obtención de litio en el Salar de Atacama, Chile



Nota. Tomado de Nova Ciencia (2023).

La extracción de litio a partir de minerales de roca, como la espodumena, representa una pequeña parte de la producción mundial ya que, aunque más de 100 minerales contienen litio, solo cinco se explotan activamente. El proceso de extraer litio de la espodumena es más complejo. Primero, el mineral se extrae, se calienta y se pulveriza. Luego, se trata con ácido sulfúrico para formar sulfato de litio. Aunque este método consume más recursos y energía, es necesario en regiones donde los depósitos de salmuera son escasos.

Sin embargo, es más costoso y tiene un mayor impacto ambiental. Para eliminar el magnesio presente en la espodumena, se utiliza cal, y se añade carbonato de sodio para obtener el carbonato de litio en la solución final filtrada. Es este sentido, se evidencia la prevalencia del factor económico por encima del evidente impacto que el proceso de extracción mediante perforación y bombeo de aguas subterráneas produce en el medio ambiente.

Figura 2

Minería de arcilla que contiene litio



Nota. Tomado de Carmeuse systems (2023).

Si bien el llamado triángulo del litio (Chile, Argentina y Bolivia), constituyen un gran proveedor de este mineral, la principal mina a nivel mundial se encuentra en Australia (Greenbushes), donde el mineral se extrae de la roca, se tritura y se procesa químicamente para producir concentrados de litio que se exportan, mayormente a China, para su posterior procesamiento. Según el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS), la única producción de litio a escala comercial en ese país proviene de una operación de salmuera en Nevada.

Sin embargo, hay cada vez mayor presión para aumentar la producción de litio en los Estados Unidos y así garantizar los suministros de este metal esencial. La explotación de las minas o pozos subterráneos obedecen principalmente a la demanda mundial para la fabricación de diferentes productos tecnológicos, dejando de lado la importancia de dar tiempo a los suelos para su regeneración. Hay oportunidades para la extracción directa de litio, especialmente de salmueras geotérmicas del Mar de Salton, en California USA, y la llamada "agua producida" a partir del fracking de gas de lutita en Texas.

Existen empresas que se encuentran en la búsqueda activa para extraer litio de arcillas que lo contienen, especialmente en Nevada. Se están probando varios métodos distintos de producción, incluyendo filtrado de ácido tanto en ácido sulfúrico como clorhídrico. Otro método que se está desarrollando con la esperanza de que este pueda acelerar la producción de litio y reducir su huella ambiental, es el uso de procesos para extraer el metal de la salmuera a modo de "imán", lo que evitaría "una posible contaminación y un alto consumo de agua", según un estudio realizado en 2021 por el Laboratorio Nacional de Energía Renovable del Departamento de Energía de Estados Unidos. Aunque es menos costoso, este método de extracción también es lento y sobre todo consume grandes cantidades de agua.

En este mismo sentido, luego que se realiza la extracción de litio, viene una nueva etapa: El procesamiento del litio; el cual es crucial y es esencial para convertir el material bruto en compuestos utilizables en diversas aplicaciones industriales, especialmente en la fabricación de baterías de iones de litio. Una vez realizado de forma exitosa el proceso de extracción del Litio, la solución acuosa obtenida se traslada a otra planta, de la que, tras la filtración y la adición de productos químicos, saldrá carbonato de litio y, en algunos casos, hidróxido.

Para que se puedan obtener los compuestos mencionados anteriormente se debe realizar un procesamiento que corresponda al método de extracción empleado. Entonces tenemos que, para el procesamiento de salmuera, después de la extracción; la salmuera es transferida a estanques de evaporación, a medida que el agua se evapora, aumenta la concentración de litio, y cuando se alcance la

concentración deseada, se utilizarán procesos químicos para precipitar el litio como carbonato de litio o hidróxido de litio.

Por otro lado, en el procesamiento de minerales de roca, el mineral extraído se tritura y muele hasta obtener un polvo fino, dicho polvo se calienta a altas temperaturas en un horno para convertir el mineral en una forma que pueda ser tratada químicamente, y ese mineral tratado se somete a lixiviación con ácido sulfúrico para extraer el litio en forma de sulfato de litio, y similar al procesamiento de salmuera, el sulfato de litio se convierte en carbonato de litio o hidróxido de litio mediante procesos químicos y se purifica para que así se logre obtener el producto final, el cual luego se someterá a un control de calidad.

Figura 3

Muestras de litio en laboratorio



Nota. Tomado de Lavanguardia (26 de octubre de 2022)

Por otro lado, un punto de gran importancia es la selección del litio, el cual es un proceso complejo que requiere una evaluación cuidadosa de diversos factores técnicos, económicos y ambientales. Algunos de esos factores son los tipos de compuesto que posea el litio, como el carbonato de litio, hidróxido de litio, cloruro de litio, entre otros. La elección del compuesto adecuado dependerá del proceso de extracción y del producto final deseado. Otra característica que se debe tomar en cuenta es la fuente de donde se obtiene el litio, ya que dependiendo tanto de la fuente como del proceso que se usa para extraer el litio se podrá determinar el costo de este mismo. Además, otro factor muy importante para la selección del litio será su nivel de pureza, el cual será el encargado de garantizar el rendimiento y la seguridad de las aplicaciones finales del litio.

Dentro de la extracción y procesamiento del litio se tiene en cuenta el control de calidad, siendo este un proceso riguroso de principio a fin. Su objetivo es garantizar que el litio cumpla con los estándares requeridos para su aplicación específica, ya sea en baterías, cerámicas y vidrio, lubricantes o en la

medicina. Para realizar un buen control de calidad se deben tomar en cuenta diversos aspectos, los cuales servirán para garantizar que el material contenga un buen nivel de pureza y eficiencia. Algunos de estos aspectos se caracterizan por la realización de pruebas exhaustivas para determinar la composición química del litio, identificando y cuantificando las impurezas presentes.

De igual forma, se realizan ensayos, que tienen como propósito evaluar las propiedades físicas como la densidad, la granulometría y la solubilidad, para garantizar que el litio cumpla con las especificaciones requeridas. Una vez, se realicen los análisis y ensayos pertinentes, se procede a hacer pruebas específicas para evaluar el rendimiento del litio en la aplicación final, para luego saber si el elemento cuenta con todos los parámetros especificados y así poder obtener las certificaciones de calidad de terceros, donde se demuestra que el litio cumple con los más altos estándares de calidad tanto nacionales como internacionales, con las regulaciones ambientales y satisfaga las demandas de un mercado en constante evolución.

Para garantizar la calidad del litio en cada etapa del proceso, se utilizan diversas técnicas analíticas, como: Espectroscopia de emisión atómica (permite determinar la concentración de elementos presentes en el litio, incluyendo impurezas), espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (permite detectar elementos en concentraciones muy bajas), difracción de rayos X (proporciona información sobre la estructura cristalina del litio), análisis térmico (se encarga de evaluar el comportamiento del litio ante cambios de temperatura), microscopía electrónica de barrido (permite observar la superficie y la microestructura del litio), pruebas de porosidad (mide la cantidad de poros en el litio), y pruebas de densidad (determina la densidad del litio). Estas técnicas ayudarán a que el litio posea los estándares necesarios para que así se pueda utilizar en cualquier aplicación requerida.

En este mismo orden de ideas, es importante resaltar que la creciente demanda de baterías de litio, impulsada por la electromovilidad y la electrónica, ha puesto en el centro de atención los impactos ambientales asociados a la extracción de este metal. Aunque el litio es fundamental para una transición energética más limpia, su obtención conlleva una serie de desafíos y consecuencias para el medio ambiente. Entre estos tenemos el consumo masivo del agua, la extracción del litio en regiones áridas como el ya mencionado Triángulo del Litio, implica la evaporación de grandes cantidades de agua salada en estanques. Otra consecuencia importante es que la evaporación del agua salada concentra las sales en el suelo, lo que puede provocar la salinización de los suelos y las aguas subterráneas, lo que afecta en gran magnitud la fertilidad de los suelos, la flora, la fauna, los ecosistemas frágiles y la calidad del agua. Además, la extracción de litio genera grandes cantidades de residuos sólidos, como yeso y otros compuestos químicos, y genera una gran cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero.

Como se puede observar, existen tal vez más consecuencias que beneficios de la minería y extracción del litio, sin embargo existen procesos que sirven de mitigantes de estos impactos, hoy en día se siguen explorando diversas estrategias, pero entre las más usadas tenemos la implementación de tecnologías que reducen el consumo de agua y mejoran la eficiencia de los procesos de extracción, el desarrollo de tecnologías para tratar los residuos generados y minimizar su impacto ambiental, creación de programas de restauración de los ecosistemas afectados por la minería, uso de energías renovables para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la extracción y procesamiento del litio. Es importante destacar que la extracción de litio es un proceso complejo y que no existe una solución única para todos los desafíos ambientales. La búsqueda de soluciones sostenibles requiere una colaboración entre gobiernos, empresas, comunidades locales y científicos.

Reflexiones Finales

La minería de litio es un componente esencial en la transición hacia una economía basada en energías renovables, ha demostrado ser un elemento versátil y crucial en la industria tecnológica moderna. Los procesos de extracción y procesamiento del litio, junto con el control de calidad, son esenciales para asegurar su disponibilidad y rendimiento. El litio representa una oportunidad única para impulsar la transición energética y el desarrollo sostenible, es por esto que la demanda de este continúa aumentando, y se hace imperativo abordar los desafíos ambientales y de sostenibilidad asociados a su extracción y procesamiento de manera proactiva y colaborativa.

Sin embargo, detrás de cada tonelada de litio extraída, hay personas, comunidades y ecosistemas que merecen nuestra atención. La búsqueda de eficiencia y rentabilidad no debe estar reñida con la responsabilidad social y ambiental. Es fundamental desarrollar tecnologías que permitan extraer y procesar el litio de manera más limpia y eficiente, reduciendo al mínimo su impacto en el medio ambiente y garantizando condiciones de trabajo dignas para los mineros.

Así mismo, la creciente demanda de energía limpia y renovable ha posicionado al litio como un mineral estratégico a nivel global. Su aplicación en baterías de ión de litio ha revolucionado la industria electrónica y ha abierto nuevas posibilidades en el sector del transporte. Aunque, la extracción y el procesamiento del litio presentan desafíos significativos, tanto ambientales como sociales. La explotación de salmueras y minerales de litio, especialmente en regiones áridas, genera un alto consumo de agua, conflictos con las comunidades locales, contaminación de suelos y aguas.

Es así como la ciencia de los materiales desempeña un papel clave en la búsqueda de soluciones innovadoras para optimizar el uso del litio y minimizar su impacto ambiental. La innovación en métodos

de extracción y procesamiento, junto con el desarrollo de tecnologías de reciclaje, y la implementación de políticas públicas que promuevan una gestión responsable de este recurso; lo cual, no solo implica regular las prácticas de extracción, sino también garantizar que las comunidades locales sean escuchadas y sus derechos respetados, integrando sus necesidades y preocupaciones en la planificación y ejecución de proyectos mineros. Todos y cada uno de estos factores son fundamentales que se apliquen e implementen, ya que, estos serían un punto clave para asegurar un suministro sostenible y responsable de este recurso vital en el futuro.

Referencias

- Díaz, A., Carpio, M. y Ramírez, J. (2009). *Litio*. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Recursos Minerales y Energéticos. Lima, Perú.
<https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/1956/1/A6483-Litio.pdf>
- Buendía-Valverde, M., Gómez-Merino, F., Fernández-Pavía, Y., Mateos-Nava, R. y Trejo-Téllez, L. (2024). Litio: Un elemento con potencial para enfoques de bioestimulación y biofortificación en plantas. *Horticulturae*, 10(10), 2-15. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10101022>
- Vizcaya, J. (2023). La Minería del Litio porque es importante y cómo funciona. Artículo en línea. <https://inspenet.com/articulo/mineria-de-litio-extraccion-importancia/>
- Vogler, J. (21 de julio de 2025). *La minería de litio: ¿Cómo funciona y por qué es importante?* INSPENET. <https://inspenet.com/articulo/mineria-de-litio-extraccion-importancia/>
- La Vanguardia. (26 de octubre de 2022). *Extracción de litio un proceso que consume mucha energía y grandes cantidades de agua*. <https://www.lavanguardia.com/natural/contaminacion/20221026/8581105/extraccion-litio-energia-agua-pmv.amp.html>
- Quintero, V. (2021). *Baterías del ion litio, características*. <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/339/3392002003/3392002003.pdf>