ANÁLISIS SISTÉMICO DE LA CADENA DE PRODUCCIÓN DE LITIO EN MÉXICO

SYSTEMIC ANALYSIS OF THE LITHIUM PRODUCTION CHAIN IN MEXICO

Juan Jaime Rodríguez Manzano
Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
m2303043@itecelaya.edu.mx

Salvador Hernández González
Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
salvador.hernandez@itcelaya.edu.mx

José Alfredo Jiménez García
Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
josealfredo.jimenez@itcelaya.edu.mx

Vicente Figueroa Fernández
Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
vicente.figueroa@itcelaya.edu.mx

Manuel Darío Hernández Ripalda
Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
dario.hernandez@itcelaya.edu.mx

Recepción: 18/mayo/2024 **Aceptación:** 19/marzo/2025

Resumen

El objetivo de este artículo es realizar un análisis sistémico de la cadena de producción de litio en México, con el fin de proponer los tipos de variables que pueden influir directamente en el entorno de la minería de litio extraído de arcilla. Este análisis permitirá identificar las variables que interactúan en este sistema. Para cumplir con el objetivo, se llevó a cabo una investigación sobre la industria minera del litio, identificando los recursos y reservas nacionales de litio y los principales consumidores dentro del sector. Además, se analizan los procesos más relevantes dentro del sistema, como la producción, el mercado y la demanda, para comprender cómo se interconectan entre sí.

***Palabras clave*:** Litio, cadena de producción, análisis sistémico y demanda.

Abstract

The objective of this article is to carry out a systemic analysis of the lithium production chain in Mexico, in order to propose the types of variables that can directly influence the mining environment of lithium extracted from clay. This analysis will allow us to identify the variables that interact in this system. To meet the objective, an investigation was carried out on the lithium mining industry, identifying national lithium resources and reserves and the main consumers within the sector. In addition, the most relevant processes within the system, such as production, market, and demand, are analyzed to understand how they interconnect with each other.

Keywords: *Lithium, production chain, systemic analysis and demand.*

1. Introducción

El litio es un material que se utiliza para elaborar una gran variedad de productos en México. Los principales usos que tiene son 39% para baterías que se utilizan en diversos productos como dispositivos móviles, laptops y vehículos eléctricos. Además, también se utiliza en la producción de cerámica con un 30%, también se utiliza en grasas lubricantes y producción de polímeros. Estos productos son utilizados en industrias como la automotriz, construcción y electrónica [Alvarado, 2023]. El principal sector en el que se incrementará la demanda de litio será en el de la electromovilidad debido a la urgencia por impulsar la transición energética y avanzar en el proceso de descarbonización, por esta razón la demanda y el precio del mineral ha incrementado de manera exponencial. Según el Banco Mundial, para el año 2050 se proyecta un aumento de producción de litio de hasta un 488% con respecto al 2018 [Xopa, 2023]. En el año 2022, México firmo como compromiso en la cumbre climática realizada en Egipto en el cual se compromete a reducir las emisiones hasta un 35% para el año 2030, y a convertirse en un país neutral en carbono para 2050.

Actualmente México no cuenta con yacimientos de litio que estén explotación, pero si cuenta con yacimientos que están siendo explorados que contienen este material en los estados de San Luis Potosí-Zacatecas el cual pretende explotar un depósito de sales de litio y de potasio que se encuentra en sedimentos arcillosos y en

salmueras de evaporación. Por su parte en Baja California la empresa Pan American Lithium estudia el reprocesamiento de una salmuera residual, producto de la operación de la planta de generación geotérmica de Cerro Prieto, la cual pertenece a la CFE. El yacimiento con mayor potencial en México se encuentra en Sonora en el que Bacanora Minerals continúa desarrollando un proyecto del cual espera producir $35000\ toneladas$ en su etapa final [minero, 2018]. Los yacimientos mencionados se hallan a cargo de empresas extranjeras las cuales son de mayor interés empresarial, el potencial productivo de México es evidente pero la falta de información precisa impide afirmar que Bacadéhuachi en Sonora es una de las mayores concentraciones de litio en el mundo, pues la naturaleza de dicho yacimiento es de arcilla, el cual es un tipo de depósito menos productivo y difícil de trabajar [Téllez & Azamar, 2022]. Dicho lo anterior aún hay gran incertidumbre ya que aún existen grandes desafíos políticos, técnicos, ambientales y sociales, estos desafíos deben abordarse y ponderarse para que México pueda explotar sus yacimientos de litio. Adicionalmente, las reformas legales que se han realizado hasta ahora provocan también gran incertidumbre jurídica respecto de la política y estrategia del Estado mexicano en lo concerniente a este recurso, en particular, al alcance y naturaleza de la empresa minera estatal: Litio para México [Xopa, 2023]. Debido a la exploración de reservas, los recursos identificados de litio han aumentado de manera sustancial en el mundo, para el año 2021 suman alrededor de $86\ millones\ de\ toneladas$, de las cuales $1.7\ millones\ de\ toneladas$ se identificaron en México lo cual representa cerca del 2% posicionándose entre los 10 países con la mayor reserva de este material [Jaskula, 2021].

A partir de la creación de la empresa litio para México, el estado mexicano se ha planteado la posibilidad a mediano y largo plazo de desarrollar la infraestructura necesaria, en términos de investigación, para explorar el territorio y recabar información precisa sobre cuanto litio hay dando continuidad a los estudios realizados en el año 2018 [Rodriguez, 2022].

El litio aun es un material del cual existen muchas interrogantes debido a que no se sabe que impacto pueda tener en el mercado de la electromovilidad. Se puede encontrar en la naturaleza solamente en combinación con otro tipo de materiales,

se puede encontrar en rocas y salmueras, su abundancia es relativa, pero existen pocas reservas potenciales. El litio se puede encontrar principalmente en tres tipos de depósitos en los cuales presentan mayor concentración los primeros son los tipos de roca con concentraciones de hasta $0.2 - 2\%$ por tonelada, el segundo deposito es en agua donde su concentración es más baja pero fácil para extraer y el tercer deposito es la arcilla en el cual las concentraciones son más bajas que las antes mencionadas y los costos de extracción son altos [Téllez & Azamar, 2022].

Desde un punto de vista personal el litio es un recurso clave para la transición energética, y México posee grandes reservas, lo que representa una oportunidad significativa. Sin embargo, los yacimientos en depósitos de arcilla presentan dificultades en su extracción, lo que genera incertidumbre sobre su viabilidad económica. A pesar de que empresas extranjeras lideran la exploración, la creación de la empresa estatal Litio para México podría garantizar un mayor control nacional. El impacto ambiental de su extracción debe ser cuidadosamente gestionado para evitar daños ecológicos. Con una adecuada inversión en tecnología y políticas sostenibles, México podría aprovechar este recurso de manera estratégica.

2. Metodología

La metodología para realizar esta investigación es a través de investigación documental debido a que se ha utilizado información de distintas fuentes de información con el fin de incrementar los conocimientos propios entorno al impacto del litio en la industria de México. Además, se considera una investigación descriptiva ya que se habla de los usos del litio y aplicación, centrado en la generación de energía eléctrica y almacenamiento de esta. En el desarrollo de la investigación se muestra el análisis del sistema que conforma la cadena de producción del litio analizando modelos de producción, mercado y demanda de este material.

Modelo de producción

En el modelo de producción se tomaron los potenciales yacimientos de litio los cuales se encuentran aún en exploración y con un enorme potencial para exportar

litio, la mayor cantidad de litio se encuentra en el yacimiento de Sonora y en Baja California y San Luis Potosí-Zacatecas existe litio en menor cantidad por lo que es crucial desarrollar la tecnología para extraer este material y explotarlo a su máxima capacidad. La Figura 1 muestra como están ubicados estos yacimientos en México, el mapa de los yacimientos principales los cuales son de mayor interés empresarial y los cuales tienen mayor potencial productivo los cuales son de arcilla el cual es un depósito menos productivo. La concentración del litio en sonora es más alta que en el resto del país estimando que es uno de los yacimientos más grandes del mundo. El mayor riesgo se encuentra en el proceso de extracción del mineral desde la roca, debido a que es algo que no se ha podido lograr a nivel comercial en ninguna parte del mundo [Téllez & Azamar, 2022]. Los estudios estiman un potencial de $559\ millones\ de\ toneladas$ de recursos inferidos con una ley de $0.30\%\ Li$, con depósitos lo suficientemente cercanos a la superficie como para ser explotados por método a cielo abierto [Sánchez Mancera & Pérez Garibay, 2023].



Fuente: perfil del litio en México 2020, secretaría de Economía.

Figura 1 Potenciales yacimientos de litio en México.

Además, en 2010 hubo dos proyectos de exploración importantes:

- Baja california a cargo de la empresa Pan American Lithium que estudio una salmuera residual cerca de la planta geotérmica de Cerro Prieto.

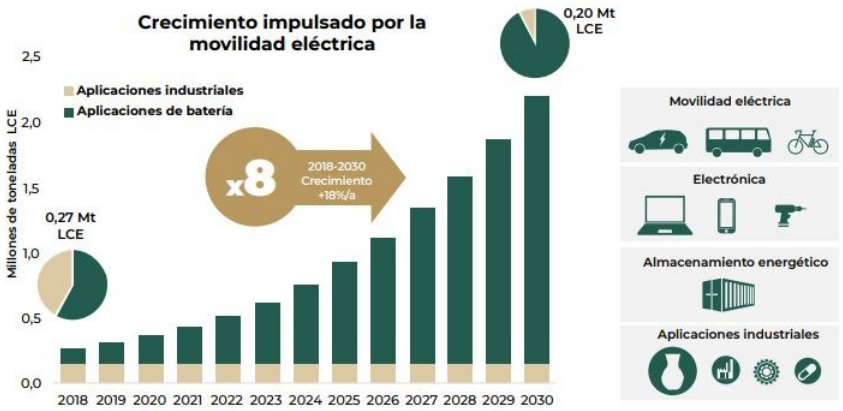
- El segundo a cargo de la empresa mexicana Litiomex SA de CV, en el estado de san Luis Potosí, cerca del altiplano semidesértico en los límites con el estado de zacatecas estimando recursos de hasta $8\ millones\ de\ toneladas$ en depósitos arcillosos de sales de litio y potasio.

Modelo de mercado de litio

El análisis de mercado de litio se realiza a través del modelo económico clásico de oferta y demanda en el cual se analizan las variables de; demanda, precio y suministro identificando los principales países productores y consumidores de este material a nivel nacional e internacional.

Modelo de oferta y demanda mundial

En cuanto a la oferta del litio según el Servicio Geológico de los Estados Unidos los recursos de litio pasaron de 67.9 a $455.2\ millones\ de\ toneladas$ de carbonato de litio entre el año 2000 a 2020. Ahora con la movilidad eléctrica implicara cubrir una demanda de más de $2\ millones\ de\ toneladas$ anuales para el año 2030. En la Figura 2 se muestra el crecimiento de la demanda de este.



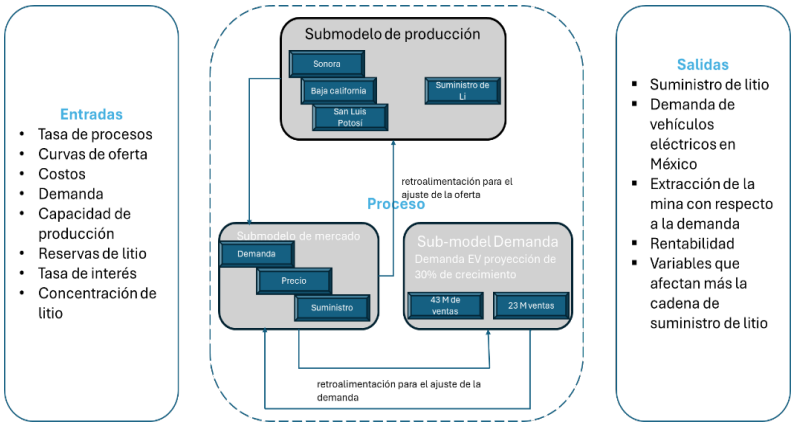
Fuente: Téllez & Azamar, 2022.

Figura 2 Crecimiento de la demanda de litio hasta 2030.

3. Resultados

Con la información presentada se obtuvo un modelo sistemático en el que incluyen 3 submodelos los cuales interactúan entre si además de que se

identificaron las entradas y las salidas dando como resultado un sistema que muestra el comportamiento de las variables, si bien aún no se incluyen demás factores que también intervienen en el mercado en torno a este material, si están los que más afectan y presentan mayor impacto como se muestra en la Figura 3.



Fuente: elaboración propia

Figura 3 Representación de la cadena de abasto de litio en un modelo sistemático.

Actualmente existen dos procesos rentables o factibles económicamente hablando para la extracción de este mineral, que sería salmueras y pegmatitas. Actualmente México no cuenta con un yacimiento de litio en explotación, pero en el territorio nacional el país cuenta con estados como Baja California, San Luis Potosí, Sonora y Zacatecas, que tiene yacimientos de este preciado mineral. En México y en el mundo el principal uso del litio es en la elaboración de baterías, en un 39% de su uso, elaboración de cerámica y vidrio en un 30%, lubricantes y grasas con un porcentaje del 8%, producción de flux en continuo y elaboración de polímeros en un 5%, en el tratamiento del aire en un 3% y por último en usos diversos un 10% [minero, 2018].

4. Discusión

El litio se ha convertido en un recurso esencial en la transición hacia energías más sostenibles, especialmente en el contexto de vehículos eléctricos y almacenamiento de energía renovable. A medida que la demanda de litio crece, también lo hace la necesidad de optimizar su producción y distribución.

Desarrollar un modelo sistemático para la cadena de abasto de litio no solo es crucial para optimizar la producción, sino también para garantizar que el sector se desarrolle de manera sostenible y responsable. La colaboración entre todos los actores involucrados, así como la adopción de tecnologías innovadoras, será fundamental para enfrentar los desafíos futuros y satisfacer la creciente demanda de este recurso vital.

5. Conclusiones

A partir de este artículo se puede obtener más información del caso mexicano con respecto al litio del cual se obtendrá un análisis más a fondo de la interacción de las variables presentadas, además se podrá obtener una comparativa de otros modelos que se ha realizado en otros países que ya cuentan con más información respecto a la producción y venta de litio. Se pueden obtener ideas para nuevos trabajos los cuales seguirán aportando información acerca de este material.

Durante la realización de esta investigación se analizaron distintos rasgos, los cuales comprendían el litio y su utilización, gracias a la cual se dio a conocer que la mayoría de esta ocupación de litio está destinada a baterías recargables para vehículos eléctricos, pero no se deja de lado para otros sectores de la industria como la generación de energía eléctrica a través de energías limpias, puesto que almacenar la energía con estas baterías es mejor y más económico.

6. Bibliografía y referencias

[1] Alvarado, M. (2023). https://situam.org.mx/mex/para-que-sirve-el-litio-en-mexico.html.

[2] Cabañez, D. D. (2021). Donde esta y como va a regular AMLO el litio en México. Donde esta y como va a regular AMLO el litio en México: https://api.nacion321.com/gobierno/lo-que-sabemos-sobre-la-ubicacion-y-regulacion-del-litio-en-mexico/.

[3] Comisión chilena del cobre. (2023). El mercado de litio desarrollo reciente y proyecciones al 2035. chile.

[4] Jaskula, B. W. (2021). U.S. Geological Survey. Geological Survey. https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2022/mcs2022-lithium.pdf

[5] Minero, D. g. (2018). Secretaria de economía. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/624816/15Perfil_Litio_2020__T_.pdf

[6] Rodriguez, V. N. (2022). La batalla por el Litio en México. (E. Ledesma, Entrevistador)

[7] Sánchez Mancera, R., & Pérez Garibay, R. (29 de noviembre de 2023). Avance y perspectiva Cinvestav. https://avanceyperspectiva.cinvestav.mx/el-litio-de-mexico/

[8] Téllez, I., & Azamar, A. (2022). Minería en México: panorama social, ambiental y económico. Ciudad de México: ISBN SEMARNAT. Minería en México: panorama social, ambiental y económico. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/708117/Mineria-en-Mexico-2022.pdf.

[9] Xopa, J. R. (2023). resourcegovernance. https://resourcegovernance.org/sites/default/files/2023-07/litio-para-mexico.pdf.