

Estado del arte de la prospectiva del uso de baterías de iones de litio en autos híbridos: evaluaciones ambientales y desarrollo industrial sostenible en Latinoamérica

State of the art of the prospective use of lithium-ion batteries in hybrid cars: environmental evaluations and sustainable industrial development in Latin America

- ¹ Carmen del Rocío Moyón Moyón  <https://orcid.org/0000-0001-8798-7060>
Dirección de Posgrado, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
carmy_111@hotmail.com
- ² Lizeth Alejandra Gavilanes Yunga  <https://orcid.org/0009-0008-2873-6323>
Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
lizeth.gavilanes@unach.edu.ec
- ³ Luis Ángel Huilca Modumba  <https://orcid.org/0009-0006-5079-0954>
Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
luisa.huilca@unach.edu.ec
- ⁴ Juan Diego Lema Rodríguez  <https://orcid.org/0009-0001-5437-0379>
Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
diego.lema@unach.edu.ec



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 19/12/2023

Revisado: 22/01/2024

Aceptado: 09/02/2024

Publicado: 15/04/2024

DOI: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v7i2.2994>

Cítese:

Moyón Moyón, C. del R., Gavilanes Yunga, L. A., Huilca Modumba, L. Ángel, & Lema Rodríguez, J. D. (2024). Estado del arte de la prospectiva del uso de baterías de iones de litio en autos híbridos: evaluaciones ambientales y desarrollo industrial sostenible en Latinoamérica. *ConcienciaDigital*, 7(2), 141-155.
<https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v7i2.2994>



CONCIENCIA DIGITAL, es una revista multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://concienciadigital.org>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec

Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons AttributionNonCommercialNoDerivatives 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Palabras claves:

Baterías, ion, Litio, ambiente, desarrollo, industrial, sostenible, híbridos.

Keywords:

batteries, ion, lithium, environment, development, industrial,

Resumen

Introducción: En la actualidad el almacenamiento de energía mediante el uso de baterías de iones de Litio se ha vuelto más popular, fundamentalmente por características como el enorme potencial de almacenamiento, la integración de energías renovables para su carga y por supuesto la aplicabilidad de movilidad eléctrica. El rendimiento de las baterías de iones de Litio se ha visto afectado debido a la degradación acelerada, así como las diferentes condiciones ambientales agresivas de ciertas ciudades. El sector industrial del triángulo de Litio que integran Chile, Argentina y Bolivia se ha visto beneficiado con el uso de baterías de ion-Litio, sin embargo, el desarrollo industrial sostenible anclado a la protección del medio ambiente es una de las falencias que no contempla un escenario positivo para Sudamérica. **Objetivo:** Analizar la prospectiva sobre el uso de baterías de iones de Litio en autos híbridos tomando como referente las evaluaciones ambientales y desarrollo industrial sostenible en Latinoamérica. **Metodología.** Uso del diseño no experimental, nivel descriptivo de corte cualitativo basado en la revisión bibliográfica de artículos, tesis y libros. **Resultados:** A nivel de la región es incipiente el manejo de leyes en manejo responsable del Litio, lo que deviene en conflictos sociales por el uso del agua, un recurso indispensable para las comunidades. Además, en la industria de vehículos híbridos no se maneja un desarrollo industrial sostenible, pese a que el volumen de venta aun no es significativo. **Conclusión:** Se concluyó que la prospectiva del uso de baterías ion-Litio anclado al desarrollo industrial sostenible y cuidado del medio ambiente avizora en la región políticas débiles en la gestión del Litio y manejo responsable del agua, donde alternativas como economía circular, reutilización de baterías y asesoramiento a poblaciones se convierten en alternativas de solución en los países de la región.

Abstract

Introduction: Currently, energy storage using lithium-ion batteries has become more popular, due to characteristics such as the enormous storage potential, the integration of renewable energies for charging and of course the applicability of electric mobility. The performance of lithium-ion batteries has been

sustainable,
hybrids.

affected due to accelerated degradation as well as different aggressive environmental conditions in certain cities. The industrial sector of the lithium triangle made up of Chile, Argentina and Bolivia has benefited from the use of lithium-ion batteries, however, sustainable industrial development anchored to environmental protection is one of the shortcomings that it does not contemplate. a positive scenario for South America. **Objective:** Analyze the prospects for the use of lithium-ion batteries in hybrid cars taking as a reference environmental evaluations and sustainable industrial development in Latin America. **Methodology:** Use of non-experimental design, qualitative descriptive level based on bibliographic review of articles, theses, and books. **Results:** At the regional level, the implementation of laws on the responsible management of lithium is incipient, which results in social conflicts over the use of water, an indispensable resource for communities. Furthermore, sustainable industrial development is not managed in the hybrid vehicle industry, even though the sales volume is not yet significant. **Conclusion:** It was concluded that the prospective use of lithium-ion batteries anchored to sustainable industrial development and care for the environment envisions weak policies in the region in lithium management and responsible water management, where alternatives such as circular economy, battery reuse and advice Populations become alternative solutions in the countries of the region.

1. Introducción

En la actualidad, el proceso de carga de un vehículo eléctrico requiere obligatoriamente conectarse a la red eléctrica del país en el que se encuentra el consumidor, por lo que cuanto más limpias sean las fuentes de energía de los países mayores son las ventajas ambientales de usar un vehículo híbrido eléctrico en comparación con otro de motor de combustión interna. Sin embargo, cabe recalcar que “La realidad es que todavía no estamos ni cerca de la cantidad de vehículos eléctricos que necesitamos para lograr los objetivos climáticos de París o cualquier alivio significativo del cambio climático” (Natural Resource Governance Institute, 2021).

Por motivos de ejecutar un proceso de análisis sobre problemáticas asociadas al desarrollo, en junio de 1992 se realizó la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el

Medio Ambiente y el Desarrollo, llevado a cabo en Río de Janeiro, Brasil. En la ronda de conferencias mundiales conocida como el nuevo ciclo social se trató temáticas trascendentes relacionadas a la conciencia del medio ambiente y ancladas al desarrollo sostenible que hasta la fecha era escasa e incluso nula (Comisión Económica para América Latina y El Caribe [CEPAL], 2002).

Sin embargo, los avances aun no eran evidentes en tanto principios de protección ambiental y desarrollo sostenible eran aun vistos como restrictivos al desarrollo social y económico, lo que llevó a limitar la capacidad de los gobiernos para frenar el deterioro ambiental y controlar la contaminación generando, por tanto, fragilidad institucional en el campo (Comisión Económica para América Latina y El Caribe [CEPAL], 2002).

Comenta Márquez (2019), que pese a ello la conferencia constituyó uno de los eventos más importantes sobre el medio ambiente, lo que para la CEPAL (2002) determinó una visión mundial sólida que inclinó a formular políticas gubernamentales sobre sostenibilidad y que también abarcó otras áreas como la cultura y la educación. En donde el enfoque social se vuelve indispensable para la protección al medio ambiente.

Previo a este evento mundial también se realizaron otros eventos internacionales como la Cumbre de la Tierra de Estocolmo en 1972 revelando la importancia del ser humano como creador de innovaciones hacia la transformación de recursos de manera positiva para el desarrollo económico y social. Así mismo, el Informe de Roma de 1987 en el que se planteó nuevas formas de cooperación y compromiso gubernamental, social y de instituciones y la Cumbre de 2012 celebrada en Johannesburgo, cuyo compromiso versó en forjar el desarrollo sostenible hacia la construcción de sociedades más humanas, respetuosas y solidarias con el medio ambiente y la dignidad humana (Márquez, 2019).

Como se aprecia, el esfuerzo por articular el tema ambiental al desarrollo sostenible ha sido un motivo de interés global por los efectos irreversibles que ha provocado procesos como la industrialización que en áreas como la automotriz ha generado contaminación. Al respecto, Pérez-Sepa et al. (2022) señalan que, frente a la problemática de la afectación al medio ambiente de los vehículos de combustible fósil, tanto el sector privado como público han generado inversión en tiempo y dinero sobre investigaciones que llevaran a incrementar la eficiencia de motores de combustión interna hacia la electrificación del tren de potencia y, con ello, a la obtención de vehículos híbridos.

En esta materia, el estudio de Romero-Carrión et al. (2023), relacionado al uso de vehículos con batería ion-Litio y desarrollo sostenible en Sudamérica señala que la extracción del Litio para su utilización en baterías de vehículos eléctricos ha generado un impacto positivo, en tanto, no solo ha aportado a reducir la emisión de gases de efecto invernadero y, por ende, mejorar la calidad del aire; sino también genera la posibilidad de incrementar el volumen del consumo de baterías ion-Litio lo que beneficia al

denominado cuadrilátero de Litio integrado por Perú, Chile, Argentina y Bolivia, cuyo recurso mineral encuentra grandes reservas a nivel de estas zonas geográficas.

Romero-Carrión et al. (2023), sostienen que las baterías ion-Litio representarán a futuro un grande desafío en tema de gestión de residuos, lo que determina como imperativo reciclar y reutilizarlas hacia el fomento del equilibrio en la demanda mundial del elemento químico relacionada a la extracción sostenible ambiental y social conforme los objetivos trazados en el desarrollo sostenible. En el campo de la producción, la tendencia es asegurar las inversiones en la industria e infraestructura, pero de forma sostenible (Brito-Carvajal, 2021).

En el tema específico de los vehículos híbridos, Pérez-Sepa et al. (2022) señalan que entre las características que resaltan en los mismos están la combinación de energía química que proviene del combustible fósil con la energía eléctrica almacenada en la batería. Además, el principio de funcionamiento permite obtener un sistema de almacenamiento de gran capacidad, rapidez de recarga y autonomía en el proceso.

Lo expuesto determina que contrario a los vehículos eléctricos, estos se ayudan del motor de gasolina y el motor eléctrico, pero constituyen una alternativa válida para controlar la emisión de gases. Sin embargo, de la investigación desarrollada por Carrera (2021), en el proceso de fabricación como uso y eliminación de baterías la contaminación es significativa, por lo que coincide con Romero-Carrión et al. (2023), al señalar que el reciclaje se convierte en una alternativa válida, donde las baterías de iones de Litio son reciclables en un 90-95% llevando, por tanto, a fomentar la sostenibilidad.

Como dato interesante, el estudio de Zagorodny (2023) determinó que la reutilización en segunda vida de las baterías es una opción más viable que el reciclaje, pero aquello reviste el uso de la tecnología con técnicas de la inteligencia artificial a fin de obtener la mayor pureza y calidad de los materiales que se recuperen, pero anclado a la eficiencia energética y en la medida de lo posible a reducir los impactos ambientales.

Señala que en la Unión Europea se ha estudiado a profundidad la mirada de la economía circular de las baterías en desuso buscando objetivos en común con cualquier tipo de economía electro móvil. Quiere decir que contrario a la economía lineal de la producción-consumo-eliminación, este tipo de economía promueve la preservación del valor de los materiales y productos con el mayor tiempo posible reutilizándolos o finalmente reciclándolos para reducir al máximo la producción de residuos. La idea es fomentar una economía eficiente y sostenible a nivel global para el 2050 (Zagorodny, 2023).

Como se aprecia, de las investigaciones descritas reviste el interés de fomentar la conciencia ambiental a partir de la eficiencia de las baterías ion-Litio en vehículos híbridos, pero anclado al desarrollo industrial sostenible de los países, que a nivel de la

región el elemento químico ha ido en incremento su volumen de producción en baterías de vehículos híbridos como lo señala la investigación de Zagorodny (2023).

Lo expuesto determina que al señalarse que el Litio conjuntamente con el petróleo se convertirá en el nuevo factor estratégico en la política y economía global, por la demanda significativa de los últimos tiempos a nivel global en campos como el automotriz, para Azamar et al. (2022), su explotación llevará a causar grandes crisis en las regiones donde se utilice como daño ambiental y afectación la salud de las personas, en tanto, para su explotación se requiere de grandes cantidades de agua, aunque para los países de Latinoamérica como Chile, Argentina, Bolivia y Perú representa un rubro importante para su economía local y nacional.

A partir de lo expuesto se determina la pertinencia del estudio tomando como referencia el problema científico de la investigación que refiere a ¿cuál es la prospectiva sobre el uso de baterías de iones de Litio en autos híbridos tomando como referente las evaluaciones ambientales y desarrollo industrial sostenible en Latinoamérica?

La intención es ampliar una visión más profunda sobre los beneficios y perjuicios que reviste el uso de la batería de ion-Litio para autos híbridos a nivel de Latinoamérica tomando en cuenta dos factores centrales: el cuidado del medio ambiente y el desarrollo industrial sostenible, último punto que a nivel de Ecuador engloba el uso de estrategias que promuevan la tecnología más verde acorde al Plan de Creación de oportunidades 2021-2025, eje Transición Ecológica, dentro de los objetivos 11 relacionado a la conservación y protección y uso sostenible de recursos naturales y el objetivo 12 con enfoque a promover modelos de desarrollo sostenible aplicando medidas para mitigar el cambio climático (Secretaría Nacional de Planificación, 2021).

De lo expuesto, la presente investigación se apoya en el objetivo principal que refiere a analizar la prospectiva sobre el uso de baterías de iones de Litio en autos híbridos tomando como referente las evaluaciones ambientales y desarrollo industrial sostenible en Latinoamérica, pues como ha sido evidente el impacto ambiental va de la mano del desarrollo industrial sostenible y una cultura ambiental de protección.

2. Metodología

El estudio se enmarca en el diseño no experimental, enfoque cualitativo y nivel descriptivo tomando como referencia que dentro de este tipo de diseño se analiza el fenómeno sin manipular sus variables (Arispe et al., 2020), y que aporta a recolectar información con base a hechos ya ocurridos. De acuerdo con Guevara et al. (2020), el nivel descriptivo se utiliza cuando se desea describir una realidad desde todos sus principales componentes, lo que en el presente estudio se describe el uso de baterías de

iones de Litio en autos híbridos desde las evaluaciones ambientales y desarrollo industrial sostenible en Latinoamérica.

Para ello, se utiliza como técnica el análisis de contenido, a partir de la revisión bibliográfica de artículos científicos, tesis de tercer y cuarto nivel dentro de la realidad de los países de Latinoamérica.

El análisis contempla tres fases. La primera relacionada a identificar la dinámica de la categoría medio ambiente y desarrollo sostenible conforme 4 países de Latinoamérica, la segunda parte a investigar la relación entre medio ambiente, desarrollo sostenible y uso de baterías de ion-Litio desde la posición de 3 autores y, finalmente, analizar la situación de la industria automotriz con relación al uso de baterías ion-Litio en vehículos híbridos, en países como Chile, Ecuador y a nivel de la región en general.

Los criterios de inclusión contemplan la producción académica de repositorios virtuales de trascendencia académica como Scopus, Redalyc y Scielo, además, de tesis de tercer y cuarto nivel y libros conforme se expongan categorías relacionadas al medio ambiente, desarrollo industrial sostenible y uso de baterías ion-Litio de vehículos híbridos y eléctricos. Además, publicaciones en español, sin excluir textos en inglés y portugués, de ser pertinente.

Con relación a los criterios de exclusión no se toma en cuenta producciones académicas publicadas en los últimos 5 años, que no se relacionen al desarrollo industrial sostenible y al medio ambiente y que no refieran a la industria automotriz.

Por tratarse de un estudio de revisión bibliográfica no se requiere autorización de instituciones, consejos científicos, comité de ética ni consentimiento informado, pero se menciona aspectos éticos de la investigación abordando la fidelidad de los estudios incluidos en la investigación sin manipular los datos a conveniencia, y uso de transparencia en el análisis, a fin de obtener resultados apegados a criterios de objetividad.

3. Resultados

Dentro del presente apartado se describe los resultados obtenidos en el estudio, así como su discusión articulando los hallazgos con el aporte de otras investigaciones. Se explica en detalle.

En la tabla 1 se aprecia los resultados obtenidos en función de tres categorías: relación medio ambiente-desarrollo sostenible y la actividad extractiva del Litio en países como Argentina, Bolivia, Chile y Perú.

Tabla 1

Análisis categorías medio ambiente-desarrollo sostenible y Litio en países de la región

País	Ideas centrales
Argentina	<p>Romero-Carrión et al. (2023):</p> <ul style="list-style-type: none"> No se cuenta con un marco regulatorio específico para el Litio. Cada provincia tiene derecho a dictar normas que regulen la actividad extractiva. <p>Díaz (2020)</p> <ul style="list-style-type: none"> Es un país con potencial para convertirse en importante productor mundial de Litio, pero el rol estatal es esencial para trazar reglas en la fase de producción y cadena de valor para garantizar un desarrollo sostenible sin vulnerar derechos de las comunidades locales. Existe temor de las comunidades sobre la extracción del Litio. Consideran afectará su modo de vida, lo que deviene en su oposición a la explotación del mineral. <p>Fernández (2021)</p> <ul style="list-style-type: none"> Los salares mantienen ecosistemas frágiles, en el que el agua es el recurso más importante para las comunidades de la zona dedicadas a actividades de sembrío y pastoreo. Existe asimetría entre empresas litíferas y comunidades locales. Debe, en gran parte, al bajo nivel educativo de las poblaciones como presupuesto reducido para generar proyectos de mejora en las zonas locales e incrementar su participación en servicios de ingeniería y consulta.
Bolivia	<p>Romero-Carrión et al. (2023):</p> <ul style="list-style-type: none"> La normatividad minera mantiene un nivel jerárquico cuyo control es potestad del Estado central. Existe una ley que contempla el procesamiento de residuos. <p>Díaz (2020)</p> <ul style="list-style-type: none"> En tema de minería del Litio, no se ha consultado a los pueblos originarios, por cuanto no existe ley especial en la materia. Existe conflicto de intereses generado por los distintos actores, empresa minera de Litio, campesinos, sector turístico generando consecuencias negativas en los sectores socioeconómicos. <p>Obaya & Céspedes (2021)</p> <ul style="list-style-type: none"> No existen estudios concluyentes sobre el impacto de la actividad extractiva, ni se involucra de manera activa a las comunidades afectadas en toma de decisiones, pese a que se realiza la actividad en su jurisdicción.
Chile	<p>Romero-Carrión et al. (2023):</p> <ul style="list-style-type: none"> Existe una ley de reciclaje centrada en el fomento de reutilización, pero no contempla potenciales oportunidades del reciclaje de baterías ion-Litio. <p>Obaya & Céspedes (2021)</p> <ul style="list-style-type: none"> Se requiere crear institucionalidad que dé paso a la innovación y escalamiento comercian del emprendimiento y empresas dirigidos a la economía circular.
Perú	<p>Romero-Carrión et al. (2023):</p> <ul style="list-style-type: none"> En 2021 se aprueba una ley de exploración, explotación e industrialización del Litio y sus derivados a nivel del país hacia dar garantías al desarrollo sostenible.

Fuente: Romero-Carrión et al. (2023), Díaz (2020), Fernández (2021), Obaya & Céspedes (2021)

En la dinámica del ejercicio del cuidado del medio ambiente anclado al desarrollo sostenible de las comunidades afectadas por la extracción del Litio tiene como punto central la falta de políticas claras en articular de manera positiva las categorías expuestas, donde el mineral ha generado conflicto de intereses, rechazo a la extracción especialmente en Argentina y Bolivia, dos de los países que incluyen el triángulo de Litio, los que poseen mayor número de yacimientos.

Esta es una cuestión que para la CEPAL (2023), al ser el Litio un potencial recurso estratégico para los países en mención y Chile al contribuir al desarrollo económico, considera que una mala gestión afectará a la sostenibilidad de los ecosistemas, pero considera viable la cooperación y coordinación intrarregional con miras a una sostenibilidad ambiental y social.

Respecto a las iniciativas de reciclaje, en Bolivia y Chile existen leyes que promueven el procesamiento de residuos, pero en el caso de este último país no incluyen iniciativas relacionadas al reciclaje de baterías ion-Litio, lo que indica que las normativas son muy generales en su aplicación. De los países expuestos, Perú es el único país que establece de manera explícita una ley que relaciona la extracción del Litio anclado al desarrollo sostenible, aunque no pertenece al triángulo del Litio como Chile, Argentina y Bolivia.

A lo expuesto, Díaz (2020) menciona la necesidad de generar modificaciones en las legislaciones vigentes respecto a la participación de los Estados, donde en países como Argentina debería promoverse una política nacional del Litio tendiente a considerar al mineral como de interés público con sus respectivos beneficios para la sociedad.

Finalmente, los investigadores plantean como alternativas de solución, el involucramiento activo de las comunidades afectadas llevando programas educativos, servicios de ingeniería y consulta en Argentina. Además, en Chile se plantea como propuesta el fortalecimiento de una economía circular tomando como ejes centrales la innovación y el emprendimiento.

Dentro de la tabla 2 se describe la relación entre medio ambiente, desarrollo sostenible y uso de baterías de ion-Litio desde la posición de 3 investigadores.

Tabla 2

Análisis categoría medio ambiente, desarrollo sostenible y uso de baterías de ion-Litio

Autor/año publicación/link	Ideas centrales
Romero-Carrión et al. (2023)	• Existe equilibrio en venta de baterías ion-Litio en vehículos eléctricos (puros e híbridos) con oportunidad de desarrollo económico especialmente en Argentina, Bolivia y Chile, con mayor yacimiento del Litio.

Tabla 2

Análisis categoría medio ambiente, desarrollo sostenible y uso de baterías de ion-Litio (continuación)

Autor/año publicación/link	Ideas centrales
Link: https://n9.cl/958n9	<ul style="list-style-type: none"> • No existe claridad entre la categoría socioambiental y desarrollo sostenible, por los efectos negativos ambientales en la extracción y conflictos sociales asociados al uso del agua. • El reciclaje de baterías ion-Litio es aún incipiente en la región. • Un mayor consumo de baterías ion-Litio se convertirá en un gran desafío para la gestión de residuos.
Solano & Tituaña (2022)	<ul style="list-style-type: none"> • Ante el incremento exponencial de los vehículos eléctricos, el reciclaje y reutilización son alternativa para solventar la disponibilidad del recurso a mediano y largo plazo.
Link: https://n9.cl/704ezx	<ul style="list-style-type: none"> • La venta es mayor en vehículos híbridos que eléctricos.
Díaz (2020)	<ul style="list-style-type: none"> • El Litio se ha convertido en un elemento indispensable de las sociedades modernas que se torna más electrónica y digital trascendiendo su importancia para la economía actual.
Link: https://n9.cl/g7mr2w	

Fuente: Romero-Carrión et al. (2023), Solano & Tituaña (2022), Díaz (2020)

Dentro del proceso investigativo efectuado, el término vehículos eléctricos hace referencia a aquellos de denominación pura e híbridos, es decir, que funcionan con electricidad en un 100% y los que combinan con material fósil. De este modo, Romero-Carrión et al. (2023) advierte que factores como los efectos negativos que genera la extracción del Litio por el uso excesivo de agua y los conflictos asociados a la deficiente gestión del tema en las comunidades intervenidas son indicadores de que no existe gestión en materia del medio ambiente anclado al desarrollo sostenible, lo que determina que no existen programas con visión a futuro sobre las afectaciones ante la falta de gestión de residuos producto de las baterías ion-Litio.

En este punto, la CEPAL (2021) pese a que en los países de la región y El Caribe el nivel de inversión para la gestión de residuos y reciclaje es variable en uno u otro, en términos generales es muy limitada, lo que reviste la necesidad del apoyo de la participación privada e incentivos para promover una economía circular.

Solano & Tituaña (2022), manifiestan que al determinarse, según las estadísticas, que a nivel mundial la venta de vehículos híbridos es mayor que los eléctricos, reviste la necesidad de generar programas con tendencia al reciclaje. Aquí, aparece por primera vez el término reutilización, donde el autor plantea como alternativa para fomentar un desarrollo industrial sostenible.

Finalmente, Díaz (2020) deja entrever que ante el uso mayor del Litio en las sociedades modernas en la que destaca a sociedades más electrónicas y digitalizadas, reviste la necesidad de revisar la extracción responsable del mineral tomando como eje la dinámica de una economía más incluyente.

En la tabla 3 se analiza la situación de la industria automotriz con relación al uso de baterías ion-Litio en vehículos híbridos, en países como Chile, Ecuador y a nivel de la región en general.

Tabla 3

Análisis categorías industria automotriz, uso baterías ion-Litio y vehículos híbridos

País	Ideas centrales
Chile	Valenzuela et al. (2017) <ul style="list-style-type: none"> En la industria automotriz, en el país se han vendido autos híbridos enchufables y eléctricos para el 2019, pero el volumen aún es incipiente. En la próxima década se incrementará, lo que generará que el Litio sea clave para fomentar la industria con posible nuevo super-ciclo económico para el país.
Ecuador	Solano & Tituaña (2022) <ul style="list-style-type: none"> La legislación ambiental ecuatoriana contempla el correcto uso e integral de las baterías, especialmente, las elaboradas como mercurio, seguido por las de Litio y níquel. Las baterías ion-Litio son las más empleadas en el sector automotriz, cuya venta en el Ecuador entre 2020 y 2021 se incrementó en un 200% por ser más económicos, amigables con el medio ambiente, pero la venta aun es incipiente a nivel nacional.
A nivel de la región	Zagorodny (2023) <ul style="list-style-type: none"> La electromovilidad aún es incipiente en América Latina, donde Chile, Colombia, Perú, Brasil y Uruguay son los que han reflejado ciertos avances, especialmente en la flota de transporte público. En la región, las regulaciones respecto a formas de gestionar las baterías de movilidad eléctrica mantienen aun discusiones en inicio, dado el estado incipiente de la movilidad eléctrica. La reutilización de baterías es una opción preferible al reciclaje al ahorrar recursos e impactos ambientales. Se requiere aplicar una economía circular, que contempla que los residuos no son desechos sino recursos, elemento importante para una economía sostenible. Para generar emprendimientos sostenibles, se requiere estudios hidrogeológicos para garantizar una recarga adecuada de reservorios. Se requiere una gestión integral ambiental adecuada para baterías en desuso y retiradas de la movilidad eléctrica. Es un síntoma de estado moderno preocupado por el medio ambiente saludable y economía sostenible.

Fuente: Valenzuela et al. (2017), Solano & Tituaña (2022) y Zagorodny (2023)

En materia de venta de vehículos híbridos dentro de la industria automotriz se señala que pese a que todavía el volumen es incipiente en los países de la región como Chile y Ecuador, como el impulso de programas relacionados a la electro movilidad y regulaciones tendientes a gestionar las baterías de movilidad eléctrica, esto no significa que no deba incluirse medidas y programas que fomenten el desarrollo industrial sostenible, aunque en ninguna de las investigaciones expuestas se exponga de manera explícita el término desarrollo industrial sostenible.

Como alternativas de solución para superar desafíos propios relacionados a la extracción del Litio, y los efectos que a mediano plazo generará su desuso toma nuevamente como categoría trascendente la llamada economía circular, donde los desechos son tratados como recursos anclada a la economía sostenible. Además, en este punto se señala que la reutilización es la alternativa más viable que el tema de reciclaje, último punto que en las leyes de la región ya se ha contemplado, pero de manera generalizada.

Como punto trascendente, la necesidad de efectuar estudios hidrogeológicos como forma para garantizar el mantenimiento del recurso hídrico en las zonas intervenidas y a ello anclado el impulso de una economía sostenible relacionado a categorías como emprendimientos sostenibles, ambiente saludable y gestión integral ambiental.

4. Conclusiones

- Se puede concluir que el uso responsable del Litio está estrechamente ligada al cuidado del medio ambiente y al desarrollo industrial sostenible determina la necesidad del fortalecimiento de políticas centradas en una gestión adecuada de reciclaje que en los países analizados se menciona en la ley, pero de manera generalizada. Sin embargo, al considerarse que la reutilización es una medida más viable que el reciclaje, por los impactos menos negativos al medio ambiente, reviste el interés de centrar la mirada en este aspecto, con medidas y normativas más claras y concluyentes. Esto pese a que a nivel de la región el volumen de venta de productos como vehículos híbridos que contienen baterías ion-Litio, entre otros, todavía es incipiente.
- Se pudo establecer que la necesidad primordial de que en la práctica el sector industrial ejecute medidas más puntuales de actuación para no generar afectación en la extracción, uso y reciclaje del Litio, esto en función de que dichos procesos necesitan de recursos hídricos en grandes proporciones para su procesamiento, anclado a una participación más activa de la comunidad afectada con programas educativos y de asesoramiento y con enfoque a una economía circular y una concientización en función de protección ambiental.
- Se pudo concluir que en los países que incluyen el denominado triángulo del Litio tienen un potencial importante de desarrollo económico con los amplios

yacimientos de dicho mineral en las zonas, existe un divorcio entre el desarrollo sostenible y medio ambiente, donde en el sector industrial no se aprecia tampoco acciones puntuales en la materia, aunque en la región todavía es incipiente la llamada electromovilidad.

5. Conflicto de intereses

El autor declara que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

6. Declaración de contribución de los autores

Todos los autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

7. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores

8. Referencias Bibliográficas

Arispe, C., Yangalí, J., Guerrero, M., Lozada, O., Acuña, L., & Arellano, C. (2020). La investigación científica. Universidad Internacional del Ecuador.

Azamar, A., Slipak, A., Fornillo, B., & Campanini, J. (2022). Litio en América Latina. Demanda global contra daño socioambiental. Universidad Autónoma Metropolitana.

Brito-Carvajal, J. (2021). Sistema de producción industrial: sostenibilidad y productividad. Polo del Conocimiento, 6(9), 2521-2531.
<https://acortar.link/6sU8Tv>

Carrera, J. (2021). Reciclaje de baterías de vehículos híbridos para implementar en el sistema de propulsión. ESPE.

Comisión Económica para América Latina y El Caribe [CEPAL]. (2002). La sostenibilidad del desarrollo en América Latina y el Caribe: Desafíos y oportunidades. Naciones Unidas.

Díaz, F. (2020). El Litio en la Argentina. Visiones y aportes multidisciplinarios desde la UNLP. UNLP.

Fernández, E. (2021). ¿Camino a la sostenibilidad? Impactos socioambientales de la extracción de Litio vinculados a la transición hacia la electromovilidad. Universidad Andina Simón Bolívar.

- Guevara, G., Verdesoto, A., & Castro, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *Recimundo*, 163-173.
- Márquez, F. (2019). *Desarrollo sostenible y medio ambiente*. Universidad Ecotec.
- Natural Resource Governance Institute. (2021). Cadena global de suministro para baterías de vehículos eléctricos: implicaciones de gobernanza. In *Minerales estratégicos, cadenas de suministro y gobernanza en los Andes: Hacia una agenda de incidencia de la sociedad civil* (pp. 58–72).
<http://www.jstor.org/stable/resrep42307.7g>
- Obaya, M., & Céspedes, M. (2021). Análisis de las redes globales de producción de baterías ion-Litio. CEPAL.
- Pérez-Sepa, M., Guasumba, J., Angueta, A., & Calero, D. (2022). Estimación de la vida útil de las baterías de los vehículos híbridos causas y consecuencias. *Revista Científica Dominio de las Ciencias*, 7(2), 770-781.
<http://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i2.2674>
- Romero-Carrión, V., Casani-Allende, J., Rivadeneyra, C., & Altamirano, J. (2023). Prospectivas del uso de vehículos con batería ion-Litio y desarrollo sostenible en Sudamérica. *Revista Kawsaypacha* (11). <https://acortar.link/PgEpjS>
- Secretaría Nacional de Planificación. (2021). Plan de creación de oportunidades 2021-2025. <https://acortar.link/1unBK7>
- Solano, E., & Tituaña, K. (2022). Análisis comparativo del impacto causado por las alternativas de reciclaje de baterías de alta tensión de los vehículos híbridos-eléctricos después de su vida útil. Universidad Técnica del Norte.
- Valenzuela, M., Rojas, R., Segovia, M., & Quintana, S. (2017). Reciclaje de baterías de Litio: una oportunidad para la sustentabilidad de Chile. Universidad Autónoma de Chile.
- Zagorodny, J. (2023). Gestión integral de las baterías fuera de uso de vehículos eléctricos en el marco de una estrategia de economía circular. Naciones Unidas.

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Conciencia Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Conciencia Digital**.



Indexaciones

