

La era del litio: un desafío socioambiental y una necesidad de concientización en Costa Rica

Warren Álvarez-Huete

Estudiante Escuela de Ingeniería en Computación
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica
✉ warrenalvarez@estudiantec.cr

Mario Muñoz-Kopper

Estudiante Escuela de
Ingeniería en Producción Industrial
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica
✉ mamunoz@estudiantec.cr

Rachel Arias-González

Estudiante Escuela de
Ingeniería en Producción Industrial
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica
✉ reichelgon@estudiantec.cr

Rosibel Ortiz-Valerio

Estudiante Escuela de
Ingeniería en Producción Industrial
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica
✉ roortiz@estudiantec.cr

Jennifer González-Solís

Estudiante Escuela de
Ingeniería en Producción Industrial
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica
✉ jengonzalez@estudiantec.cr

Josselyne Segura-Vanegas

Estudiante Escuela de
Ingeniería en Producción Industrial
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica
✉ josse.segura@estudiantec.cr

Fabrizio Porras-Morera

Estudiante Escuela de
Ingeniería en Producción Industrial
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica
✉ 2021144223@estudiantec.cr

L.Felipe Sancho-Jiménez

Profesor, Escuela de Idiomas y Ciencia Sociales
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica
✉ lfsancho@itcr.ac.cr

Fecha de recepción: 5 de agosto 2025 | Fecha de aprobación 18 de marzo del 2026.

Resumen

La era del litio representa un mercado de baterías creciendo de USD 30 mil millones en 2017 a USD 100 mil millones en 2025, que sí bien es crucial para reducir la dependencia de combustibles fósiles, actualmente la extracción de litio es insostenible. Usando una metodología mixta, que incluyó una revisión bibliográfica y un formulario de Google, se encuestaron 172 personas sobre el uso y manejo de dispositivos que usan esta tecnología. El 81 % de la población está entre 17-26 años. Se registró 447 menciones de uso de dispositivos con litio, los hallazgos revelaron desconocimiento del impacto que genera el manejo incorrecto de las baterías. Es vital para promover una economía circular además de integrar una perspectiva crítica para las personas ingenieras en formación sobre este nuevo desafío.

Palabras clave: Litio, Baterías eléctricas, Gestión de Residuos, Conciencia Ambiental, Educación Ambiental.

Abstract

The lithium era represents a rapidly expanding battery market, growing from USD 30 billion in 2017 to an estimated USD 100 billion in 2025. While this growth is crucial for reducing dependence on fossil fuels, lithium extraction is currently unsustainable. Using a mixed-methods approach that included a literature review and a Google Forms survey, 172 individuals were surveyed regarding the use and management of devices that rely on this technology. Of the respondents, 81% were between 17 and 26 years of age. A total of 447 instances of lithium-based device use were recorded, and the findings revealed a significant lack of awareness regarding the environmental impacts associated with improper battery handling and disposal. Promoting a circular economy is therefore essential, as is integrating a critical perspective into the education of engineers in training to address this emerging challenge.

Key words: *Lithium; Electric batteries; Waste management; Environmental awareness; Environmental education.*

Introducción

A nivel internacional se espera que el litio pueda reemplazar la dependencia de los combustibles fósiles [1]. Apenas fue en 1991 cuando Sony creó la primera batería comercial de litio [2], mientras que National Geographic Latinoamérica (2025) señala que su consumo crecerá de USD 30 000 millones en 2017 a USD 100 000 millones en 2025 [3]. Estas baterías han incorporado avances en densidad de carga, el rendimiento y la seguridad [4]. Sin embargo, el aumento en su uso conlleva desafíos [5]. Por ejemplo, en el transporte se han incorporado debido a su capacidad para almacenar gran cantidad de energía en relación con su peso y tamaño [6].

Actualmente, el reciclaje de estos desechos resulta complejo y costoso [7], debido al uso de los recursos y la contaminación que genera [8], así como el impacto ambiental y social que genera la extracción del material [9]. Bajo este escenario, el objetivo de este trabajo fue fomentar el interés sobre uso, manejo y disposición de baterías de litio que tienen las redes sociales de proximidad relacional en la población estudiantil de carreras de ingeniería.

Esta es una investigación realizada en el en el marco del curso, CS4402: Seminario de Estudios Costarricenses (Énfasis Ecología y Ambiente), impartido en el I Semestre 2024, Escuela de Idiomas y Ciencias Sociales (EICS), Campus Tecnológico Local San Carlos (CTLSC), Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC).

Referentes teóricos

Los hábitos de uso de tecnología han evolucionado, así se ha estudiado el consumo de internet en estudiantes universitarios, examinando hábitos de escucha, el consumo informativo y; más reciente, el consumo y credibilidad de los contenidos en personas jóvenes, hasta llegar en esta investigación al consumo del dispositivo en sí mismos, dejando de lado el acceso al entretenimiento digital mientras este enfoque se orienta hacia el objeto, específicamente, los dispositivos de uso cotidiano del siglo XXI marcados por la era del litio (Figura 1).

La extracción y el procesamiento de litio con frecuencia implican prácticas no sostenibles, las cuales se asocian con alto consumo de agua, contaminación por ácido sulfúrico e hidróxido de sodio, así como escasez [1]. La producción y la eliminación de estos desechos pueden liberar sustancias peligrosas como ácido sulfúrico e hidróxido de sodio [10], que ponen en peligro a la población. Asimismo, como la exposición de personas a estos elementos contaminantes [8].

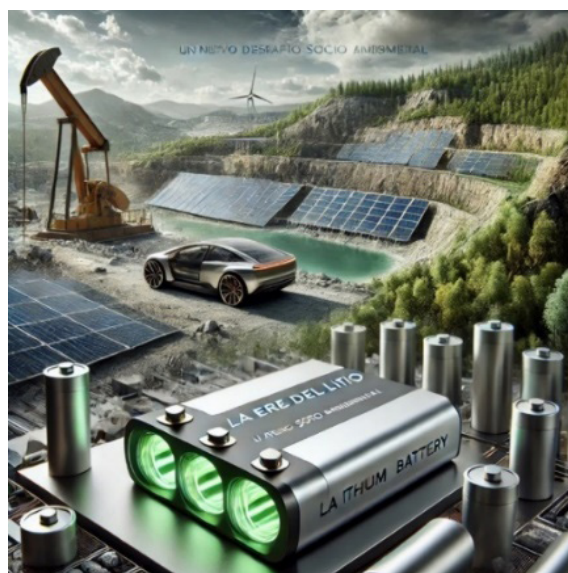


Figura 1. La era del litio. Fuente: Imagen creada con <https://chatgpt.com> utilizando la instrucción de generar una imagen con el prompt: La era del litio: Un nuevo desafío socio ambiental.

Metodología

Se utilizó un formulario digital a partir de los siguientes pasos: (1) revisión bibliográfica sobre las implicaciones sociales, económicas y ambientales de la extracción del litio. (2) La revisión guiada y específica a partir de palabras clave en idioma español: litio, implicaciones extracción del litio, baterías eléctricas, gestión de residuos litio, conciencia ambiental, y educación ambiental. (3) Se elaboró un borrador inicial de encuesta. (4) Se revisó el instrumento por estudiantes de ingenierías de computación y producción industrial, bajo la tutela del docente desde el área socioambiental. (5) Se realizaron modificaciones y ajustes en las preguntas. (6) Se realizó una prueba piloto para identificar problemas de flujo o lenguaje y estimar la duración de la encuesta.

La recopilación de datos se basó en las redes sociales de proximidad relacional de estudiantes de ingeniería en la Región Huetar Norte de Costa Rica. El formulario de Google Forms estuvo abierto del 6 al 24 de mayo del 2024 y se circuló en plataformas y redes sociales personales como Facebook, Instagram, y grupos de WhatsApp, ya que facilita la organización y almacenamiento de datos y ha demostrado eficacia en investigación. Los resultados se analizaron mediante Microsoft Excel, según frecuencia y porcentaje de respuesta. Para el estudio no se definió restricción geográfica, ni se usó factores excluyentes.

Resultados

Se registraron 172 encuestas, el 60 % fueron hombres y el 40 % mujeres. El 70 % son estudiantes. El 81 % tiene edad entre 17 a 26 años y el 56 % posee nivel académico universitario incompleto. Se registraron 502 menciones del uso de dispositivos, de estas 447 hacen referencia a artefactos que sí utilizan baterías de litio (Figura 2), mientras se dejó lado 55 menciones debido a que hacían referencia a otro tipo de dispositivos que no usan litio.

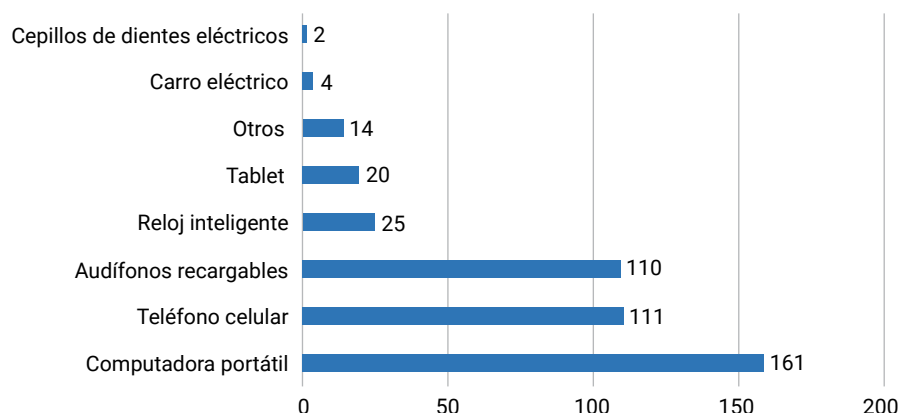


Figura 2. Uso de dispositivos electrónicos que utilizan baterías de litio. Fuente: Registro de la encuesta.

Se registró las razones que llevan a desechar los artefactos y sustituir el dispositivo, se obtuvo 131 menciones en las que destaco los daños físicos y la limitada capacidad de almacenamiento del dispositivo (Figura 3).

Se indagó sobre el conocimiento del impacto que genera el manejo incorrecto de los desechos de litio lo que registró 112 respuestas, de estas, el 39 % mencionó no estar seguro y 39 % no lo sabe. Además, se consultó si conocían algún lugar para desechar baterías, a lo 81 % respondió que no. Sobre las medidas para el manejo adecuado de los residuos en donde 96 % señaló que no conocen del tema. Finalmente, 90 % de la población, mencionó que no conoce sobre medidas de manejo de estos residuos en Costa Rica.

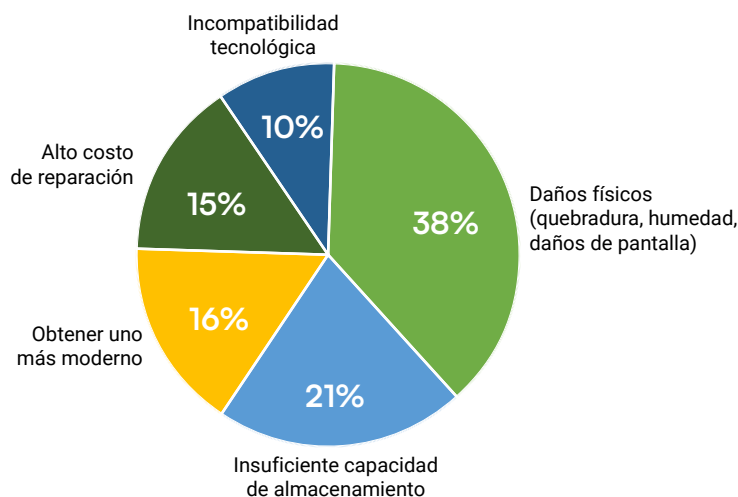


Figura 3. Factores que inciden en el cambio de dispositivos electrónicos. Fuente: Registro de la encuesta.

Discusión

El panorama tecnológico actual en Costa Rica, y específicamente en comunidades académicas como el CTLSC, refleja una tensión creciente entre el desarrollo digital y la sostenibilidad ambiental. Los hallazgos confirman que la obsolescencia programada y tecnológica actúa como el principal motor de un consumo acelerado, donde la renovación de dispositivos cada dos años se ha normalizado. Esta conducta, no solo genera un volumen masivo de residuos tóxicos, sino que evidencia un desaprovechamiento crítico de materias primas en un contexto de crisis global [11].

Un punto crítico identificado es la brecha de conocimiento sobre la gestión de desechos. A pesar de que la población encuestada posee un alto nivel educativo y es mayoritariamente joven (81% entre 17 y 26 años), existe una alarmante incertidumbre: el 39% no está seguro de cómo manejar adecuadamente las baterías de litio. En sí, esto resulta ser una paradoja debido al aumento en el uso de tecnologías de "energía limpia" y alta eficiencia, pero se ignoran sus externalidades socio ambientales [12].

Finalmente, la discusión sugiere que la educación superior debe trascender la formación técnica para fomentar una verdadera conciencia ambiental integrada. En investigaciones previas se ha señalado que no basta con el conocimiento cognitivo; se requieren acciones conativas y afectivas que transformen el comportamiento individual y colectivo. La gestión de las baterías de litio no es solo un desafío logístico o de reciclaje costoso, sino un imperativo ético que demanda políticas públicas estrictas y una revisión profunda del modelo de desarrollo tecnológico actual para evitar una nueva crisis ambiental irreversible [13].

Conclusiones

Paradoja de Jevons: sí bien, las baterías de litio reducen el consumo de combustibles fósiles, el actual proceso de extracción es insostenible por el costo socio ambiental que conlleva.

Desconocimiento del impacto ambiental: se registró una brecha de conocimiento sobre el impacto negativo que provoca el manejo incorrecto de los desechos de litio.

Prácticas de disposición final inadecuadas: ligado con el desconocimiento y a la falta de medidas de manejo (96% de la población señala no conocer del tema), los usuarios recurren a prácticas peligrosas como verter las baterías en la basura doméstica común, quemarlas, enterrarlas o tirarlas en ríos.

Carencia de infraestructura y protocolos de desecho: la investigación revela una falta de educación y opciones logísticas para el desecho de estos residuos. El 81% de los participantes no conoce lugares específicos para depositar las baterías, y un 90% ignora la existencia de medidas de manejo para estos residuos en Costa Rica.

Factores de obsolescencia: los resultados refuerzan que la sustitución de dispositivos electrónicos está impulsada principalmente por daños físicos y la limitada capacidad de almacenamiento de estos, lo que acelera el ciclo de generación de residuos de litio.

Urgencia en la formación profesional: Es imperativo integrar una perspectiva crítica y socioambiental en la formación de futuros ingenieros e ingenieras. Se requiere que estos profesionales reconozcan toda la cadena de producción y promuevan una economía circular que mitigue los riesgos asociados a la "era del litio".

Bibliografía

- [1] M. Campbell, "Los campos de litio en Sudamérica revelan el lado oscuro de nuestro futuro "verde", Euronews Green, 3 febrero 2022. [En línea]. Disponible: <https://es.euronews.com/green/2022/02/03/los-campos-de-litio-en-sudamerica-revelan-el-lado-oscuro-de-nuestro-futuro-verde> [Accedido: Julio 31, 2025].
- [2] A. Javier and A. Equiza, Litio y desarrollo en América del Sur. 2019.
- [3] S. Gurudev, "Las baterías de litio impulsan el mundo: ¿cuánto sabes sobre ellas?", National Geographic Latinoamérica, 29 feb. 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.nationalgeographicla.com/medio-ambiente/2024/02/las-baterias-de-litio-impulsan-el-mundo-cuanto-sabes-sobre-ellas>
- [4] E. Grudner, "Batería litio-ión de uso vehicular," Revista Tecnológica, vol. 16, pp. 17, 2020.
- [5] Quintero, V., Che, O., Ching, E., Auciello, O., & Obaldía, E. (2021). Baterías de ion litio: Características y aplicaciones. Revista de I+D Tecnológico, 17. <https://doi.org/10.33412/idt.v17.1.2907>
- [6] Clarín, "Qué es el LITIO y todo lo que necesitas saber sobre este metal," 2023. [En línea]. Disponible: https://www.clarin.com/internacional/litio-necesitas-saber-metal_0_I43sP3UePz.html [Accedido: Julio 31, 2025].
- [7] D. Yang, "Reciclaje de baterías de litio para vehículos eléctricos," Tesis de Maestría, Universitat Politècnica de Catalunya, España, 2021.
- [8] Herráez, M. (2023, 23 de marzo). Reciclar las baterías de litio, el enorme problema que viene con el coche eléctrico. AutoBild. <https://www.autobild.es/noticias/reciclar-baterias-litio-enorme-problema-viene-coche-electrico-1249767>
- [9] A. Manrique, "Explotación del litio, producción y comercialización de baterías de litio en Argentina," Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina, 2014.
- [10] S. Gurudev, "El litio de las baterías es la sustancia que mueve el mundo: ¿Cuánto sabes de este metal?," National Geographic España, Enero 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2024/01/litio-que-es-importancia-baterias-elemento-mueve-mundo-metal> [Accedido: Julio 31, 2025].
- [11] Martin, B. 2020. El coste medioambiental oculto de comprar un 'smartphone' nuevo. <https://www.bbvaopenmind.com/ciencia/medioambiente/el-coste-medioambiental-oculto-de-comprar-un-smartphone-nuevo/>
- [12] Chilán, G. 2022. Estudio de desechos de teléfonos celulares a través del análisis de datos de los actores principales. En Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas de la Universidad SEK. <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/4557/1/Chil%C3%A1n%20Mancilla%20Gema%20Mar%C3%ADa.pdf>
- [13] Olivares, R. y Leyva, N. 2023. Bases teóricas de la conciencia ambiental como estrategia para el desarrollo sostenible. Revista Alfa. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i21.242>

Enlaces formularios:

- "Hábitos de consumo de dispositivos electrónicos," Google Forms. [En línea]. Disponible: <https://forms.gle/VgfbNNCdFrrRWRGGA> [Accedido: Julio 31, 2025].
- "Gestión de residuos de baterías de litio," Google Forms. [En línea]. Disponible: <https://forms.gle/W1pxFDx2RURTjSkXA> [Accedido: Julio 31, 2025].

Sobre los autores

Warren Álvarez-Huete

Estudiante de la Escuela de Ingeniería en Computación. Campus Tecnológico Local San Carlos (CTLSC), Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). Costa Rica.

Rachel Arias-González

Estudiante de la Escuela de Ingeniería en Producción Industrial. Campus Tecnológico Local San Carlos (CTLSC), Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). Costa Rica.

Jennifer González-Solís

Estudiante de la Escuela de Ingeniería en Producción Industrial. Campus Tecnológico Local San Carlos (CTLSC), Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). Costa Rica.

Fabricio Porras-Morera

Estudiante de la Escuela de Ingeniería en Producción Industrial. Campus Tecnológico Local San Carlos (CTLSC), Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). Costa Rica.

Mario Muñoz-Kopper

Estudiante de la Escuela de Ingeniería en Producción Industrial. Campus Tecnológico Local San Carlos (CTLSC), Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). Costa Rica.

Rosibel Ortiz-Valerio

Estudiante de la Escuela de Ingeniería en Producción Industrial. Campus Tecnológico Local San Carlos (CTLSC), Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). Costa Rica.

Josselyne Segura-Vanegas

Estudiante de la Escuela de Ingeniería en Producción Industrial. Campus Tecnológico Local San Carlos (CTLSC), Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). Costa Rica.

Luis Felipe Sancho-Jiménez

Posee una Maestría Académica en Desarrollo Sostenible con Énfasis en Formación y Promoción Ecológica (UCR), Licenciado en Gestión Ecoturística (UCR) y Bachiller en Turismo Ecológico (UCR). Es profesor, investigador y extensionista de Escuela de Idiomas y Ciencia Sociales (EICS), Campus Tecnológico Local San Carlos (CTLSC), Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). Costa Rica. Su trabajo gira en torno a ecoturismo, desarrollo sostenible, destinos turísticos, perfil del visitante, gestión del turismo en áreas protegidas, turismo y tecnología, entre otros. <https://orcid.org/0000-0001-9743-8890>