

INFORME EJECUTIVO

La transición eléctrica y sus nuevas externalidades

Baterías de litio, extractivismo mineral y vacíos regulatorios en la movilidad sustentable

Por Ela Zambrano

Alianza Basura Cero Ecuador.

Introducción

Desde mediados de la pandemia comenzó a posicionarse en el Ecuador un nuevo discurso sobre el transporte urbano. Conceptos como *movilidad alternativa*, *movilidad eléctrica* y finalmente *movilidad sustentable* empezaron a utilizarse de forma creciente en políticas públicas, debates energéticos y estrategias de transición climática.

La idea central detrás de esta narrativa es que el reemplazo de vehículos de combustión interna por vehículos eléctricos permitiría reducir emisiones, mejorar la calidad del aire urbano y avanzar hacia sistemas de transporte más sostenibles. Sin embargo, la discusión sobre la sostenibilidad del transporte no puede limitarse únicamente al cambio de fuente energética.

La movilidad sostenible se define como aquella que satisface las necesidades de desplazamiento de personas y mercancías sin comprometer el bienestar de las generaciones futuras, integrando dimensiones ambientales, sociales y económicas del sistema de transporte.

Desde esta perspectiva, la mera sustitución de combustibles fósiles por electricidad no garantiza automáticamente la sostenibilidad del sistema de transporte. La planificación urbana, la distribución modal, la eficiencia energética y la gestión de la demanda de movilidad también son elementos esenciales.

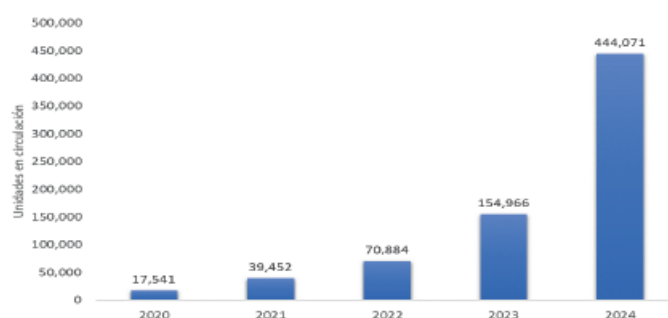
Además, desde enfoques críticos del desarrollo sostenible se ha advertido que las tecnologías que aumentan el consumo de recursos naturales pueden reproducir patrones insostenibles de crecimiento. El economista Herman Daly planteó que el desafío no consiste únicamente en cambiar la fuente energética, sino también en limitar el uso intensivo de recursos naturales y promover tecnologías que aumenten la productividad de dichos recursos.

En este contexto, la expansión de la movilidad eléctrica plantea una paradoja: mientras busca reducir emisiones en el sector transporte, también incrementa la demanda global de minerales críticos y genera nuevos flujos de residuos tecnológicos asociados a las baterías de litio.

Este informe ejecutivo analiza estos desafíos desde una perspectiva ambiental y de economía circular, con especial atención a los vacíos regulatorios y de gestión de baterías en el Ecuador.

2. La expansión de la movilidad eléctrica

Figura 1. Evolución del parque vehicular liviano electrificado 2020 – 2024



Fuente: Elaboración propia con base a información de las estadísticas nacionales.

El transporte es uno de los principales emisores de dióxido de carbono a nivel global. Según estimaciones citadas de la Organización Latinoamericana de Energía (Olade), publicadas en el “El Libro Blanco de la Movilidad Sostenible en América Latina y el Caribe 2025”, el sector transporte representa aproximadamente el 25 % de las emisiones globales de CO₂.

En este contexto, la electrificación del transporte se ha presentado como una estrategia clave para avanzar hacia la descarbonización de las economías. Organismos regionales han promovido la movilidad eléctrica como una alternativa para reducir emisiones y fomentar la innovación tecnológica.

En América Latina el crecimiento del mercado de vehículos eléctricos ha sido acelerado en los últimos años. Entre 2020 y 2024 el número de unidades en circulación alcanzó aproximadamente 440 mil vehículos en la región.

A pesar de este crecimiento, la participación de los vehículos eléctricos en el parque vehicular regional sigue siendo reducida. Se estima que representan apenas alrededor del **0,3 % del parque vehicular liviano en América Latina**.

Entre las principales barreras identificadas para la expansión de la movilidad eléctrica se encuentran:

- la limitada infraestructura de carga
- los altos costos iniciales de los vehículos
- la falta de estandarización tecnológica
- las brechas territoriales en el acceso a estas tecnologías.

En muchos países de la región, la infraestructura de recarga y los vehículos eléctricos se concentran en las principales ciudades, lo que reproduce desigualdades territoriales en el acceso a estas tecnologías.

Además, en contextos donde la generación eléctrica aún depende de combustibles fósiles, la reducción de emisiones asociada a la movilidad eléctrica puede ser menor de lo esperado.

3. Geopolítica de los minerales críticos

La expansión de la movilidad eléctrica depende de una nueva base material: los minerales críticos necesarios para fabricar baterías de ion-litio.

Entre los principales materiales utilizados en estas baterías se encuentran:

- litio
- cobalto
- níquel
- grafito
- cobre

La extracción y procesamiento de estos minerales ha generado nuevas dinámicas geopolíticas en el sistema energético global.

China domina actualmente una parte significativa de la cadena de suministro de baterías eléctricas y minerales críticos. Según datos citados por la OLADE, el país refina aproximadamente el **90 % de las tierras raras y más del 60 % del litio, cobalto y grafito a nivel mundial**.

Además, China concentra más del **70 % de la capacidad global de producción de baterías**, consolidándose como líder en la industria de vehículos eléctricos.

Esta concentración industrial genera nuevas dependencias tecnológicas y económicas para otras regiones del mundo, incluyendo América Latina.

Al mismo tiempo, América Latina se ha convertido en un territorio estratégico en la disputa por minerales críticos, particularmente por el litio presente en el denominado **Triángulo del Litio** (Argentina, Bolivia y Chile).

Estas dinámicas plantean interrogantes sobre el papel de la región en la transición energética global: si continuará siendo exportadora de materias primas o si desarrollará capacidades industriales asociadas a las nuevas cadenas de valor tecnológicas.

4. Las baterías de litio: el corazón tecnológico de los vehículos eléctricos

Las baterías constituyen el componente central en la arquitectura de los vehículos eléctricos, ya que determinan aspectos fundamentales como:

- la autonomía del vehículo
- el costo total del automóvil
- el rendimiento energético
- la viabilidad comercial de la tecnología.

Actualmente las baterías representan entre **30 % y 40 % del costo total de un vehículo eléctrico**.

Las baterías de ion-litio son la tecnología dominante en el mercado debido a su alta densidad energética y eficiencia de carga.

Entre los principales tipos de baterías utilizadas en vehículos eléctricos se encuentran:

NMC (Níquel-Manganeso-Cobalto)

equilibran densidad energética, seguridad y durabilidad.

NCA (Níquel-Cobalto-Aluminio)

ofrecen mayor densidad energética, pero requieren sistemas avanzados de refrigeración.

LFP (Litio-Fosfato de Hierro)

son más seguras y económicas, aunque con menor densidad energética.

El funcionamiento de estas baterías es supervisado por sistemas electrónicos denominados **BMS (Battery Management System)**, que controlan variables como voltaje, temperatura, corriente y estado de carga para garantizar su funcionamiento seguro.

La vida útil de una batería depende de diversos factores, entre ellos:

- temperatura de operación
- número de ciclos de carga
- profundidad de descarga
- condiciones de uso del vehículo.

Con el tiempo, las baterías pierden capacidad de almacenamiento y dejan de ser adecuadas para el uso automotriz.

5. Impactos ambientales de la cadena de baterías

Aunque los vehículos eléctricos no generan emisiones directas durante su uso, su impacto ambiental debe evaluarse considerando todo su ciclo de vida.

La fabricación de baterías es una de las etapas más intensivas en emisiones dentro del ciclo de vida de los vehículos eléctricos. La producción de una batería de 60 kWh puede generar entre **2 y 4 toneladas de CO₂ equivalente**, dependiendo de la fuente energética utilizada en el proceso industrial.

La extracción de minerales críticos también plantea desafíos ambientales y sociales significativos.

La minería de litio en salares del Cono Sur requiere grandes volúmenes de agua, lo que ha generado tensiones con comunidades locales en regiones áridas.

Por su parte, la extracción de cobalto en la República Democrática del Congo ha sido objeto de denuncias por trabajo infantil y condiciones laborales precarias en minas artesanales.

La extracción de níquel y grafito también puede generar impactos ambientales como deforestación, contaminación del suelo y afectaciones a comunidades locales.

Estos impactos evidencian que la transición energética basada en vehículos eléctricos no está exenta de conflictos socioambientales.

6. Segunda vida y reciclaje de baterías

Cuando las baterías de vehículos eléctricos pierden entre el 20 % y 30 % de su capacidad original, dejan de ser adecuadas para su uso automotriz.

Sin embargo, estas baterías pueden reutilizarse en aplicaciones estacionarias, extendiendo su vida útil antes de su reciclaje final.

Entre los usos más comunes se encuentran:

- almacenamiento residencial de energía
- almacenamiento en redes eléctricas
- sistemas de almacenamiento en estaciones de recarga.

Estas aplicaciones permiten reducir la demanda de nuevas materias primas y disminuir la generación de residuos electrónicos.

En paralelo, el reciclaje de baterías busca recuperar materiales críticos para reintroducirlos en la cadena productiva.

Existen tres principales métodos de reciclaje:

pirometalurgia

fundición de baterías a altas temperaturas para recuperar metales.

hidrometalurgia

uso de soluciones químicas para extraer metales con mayor eficiencia.

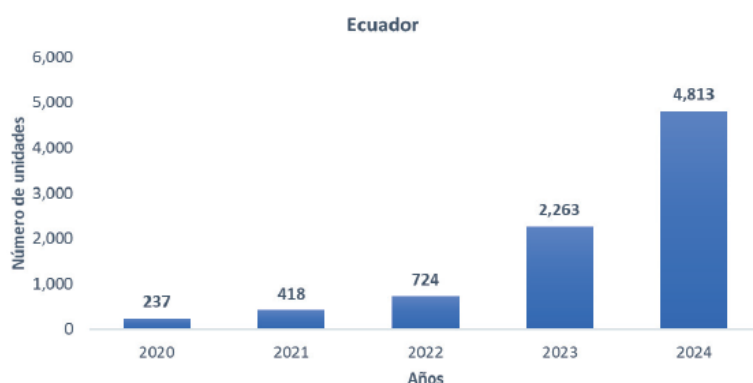
reutilización directa

desensamblaje y reutilización de módulos o celdas.

El desarrollo de sistemas de reciclaje será clave para reducir la presión sobre los recursos naturales y avanzar hacia una economía circular en el sector de baterías.

7. Movilidad eléctrica y regulación en el Ecuador

Figura 11. Evolución del parque de automóviles electrificados livianos en Ecuador 2020-2024



Fuente: Elaboración propia con base a información de las estadísticas nacionales.

El Ecuador ha implementado diversos incentivos para promover la movilidad eléctrica.

Entre ellos se incluyen:

- arancel 0 % para la importación de vehículos eléctricos
- exención del impuesto al valor agregado (IVA)
- exención del impuesto selectivo al consumo (ISC)
- tarifas eléctricas preferenciales para la carga nocturna de vehículos eléctricos.

Además, la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica proyecta alcanzar **100.000 vehículos eléctricos para el año 2030 y 750.000 para el año 2040.**

Sin embargo, el país aún enfrenta desafíos importantes en materia de infraestructura de carga, interoperabilidad tecnológica y regulación del sector.

8. Vacíos regulatorios en la gestión de baterías de litio

En el Ecuador el principal instrumento normativo que regula pilas y baterías es el **Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 105**, aprobado en 2016.

Este reglamento establece requisitos de seguridad, etiquetado y comercialización para baterías primarias y secundarias.

No obstante, presenta limitaciones importantes cuando se analiza desde una perspectiva de economía circular y Basura Cero.

El reglamento se enfoca principalmente en la **introducción al mercado de las baterías**, pero no desarrolla un sistema específico de gestión posconsumo.

Entre los principales vacíos identificados se encuentran:

- ausencia de metas de recolección y reciclaje
- falta de sistemas de devolución o acopio
- ausencia de obligaciones claras para fabricantes e importadores

- falta de criterios técnicos para el reciclaje seguro.

Además, el reglamento excluye las baterías integradas en equipos y aparatos eléctricos, lo que deja fuera del alcance normativo a un volumen significativo de baterías de ion-litio presentes en diversos dispositivos tecnológicos.

Un vacío particularmente relevante se refiere a las baterías utilizadas en **scooters, bicicletas y motonetas eléctricas**, que no encajan claramente dentro de las categorías normativas existentes.

- ausencia de metas de recolección y reciclaje
- falta de sistemas de devolución o acopio
- ausencia de obligaciones claras para fabricantes e importadores
- falta de criterios técnicos para el reciclaje seguro.

Además, el reglamento excluye las baterías integradas en equipos y aparatos eléctricos, lo que deja fuera del alcance normativo a un volumen significativo de baterías de ion-litio presentes en diversos dispositivos tecnológicos.

Un vacío particularmente relevante se refiere a las baterías utilizadas en **scooters, bicicletas y motonetas eléctricas**, que no encajan claramente dentro de las categorías normativas existentes.

Avanzar hacia una movilidad verdaderamente sostenible requerirá integrar políticas de transporte, energía, economía circular y gestión de residuos, garantizando que la transición energética no reproduzca nuevas formas de degradación ambiental ni nuevas desigualdades socioeconómicas.

9. Conclusiones

La expansión de la movilidad eléctrica representa una transformación importante en los sistemas de transporte y en las estrategias globales de descarbonización.

Sin embargo, esta transición también introduce nuevos desafíos ambientales, tecnológicos y regulatorios asociados a la producción, uso y disposición final de las baterías de litio.

Desde una perspectiva Basura Cero, uno de los principales riesgos es que la electrificación del transporte genere un nuevo flujo masivo de residuos tecnológicos si no se desarrollan sistemas adecuados de reutilización, reciclaje y recuperación de materiales.

Asimismo, la dependencia de minerales críticos y los impactos socioambientales asociados a su extracción evidencian que la transición energética debe abordarse con una mirada integral que considere todo el ciclo de vida de las tecnologías.

En el caso del Ecuador, aunque existen incentivos para promover la movilidad eléctrica, el marco normativo presenta vacíos importantes en la gestión posconsumo de baterías de litio.

Avanzar hacia una movilidad verdaderamente sostenible requerirá integrar políticas de transporte, energía, economía circular y gestión de residuos, garantizando que la transición energética no reproduzca nuevas formas de degradación ambiental ni nuevas desigualdades socioeconómicas.