

# **MÁS ALLÁ DE LA CIUDAD Y LA DESCARBONIZACIÓN: DESAFÍOS PARA LA FUTURA JUSTICIA DE LA ELECTROMOVILIDAD EN CHILE**

Constanza Ulriksen, Universidad de Chile, [culriksen@uchilefau.cl](mailto:culriksen@uchilefau.cl)

Juan Antonio Carrasco, Universidad de Concepción, [j.carrasco@udec.cl](mailto:j.carrasco@udec.cl)

Marco Batarce, Universidad de San Sebastián, [marco.batarce@uss.cl](mailto:marco.batarce@uss.cl)

Karina Véliz, Universidad Diego Portales, [karina.veliz@udp.cl](mailto:karina.veliz@udp.cl)

## **RESUMEN**

Pese a los beneficios de la electromovilidad declarados por el gobierno chileno, su política actual no está considerando impactos territoriales asociados a su desarrollo, más allá de la operación de vehículos eléctricos en ciudades. Este artículo propone un marco analítico integral que combina el enfoque de justicia de la movilidad y el modelo de *Life Cycle Assessment* (LCA), el cual permite realizar una mirada territorial y multiescalar de los impactos de la electromovilidad a lo largo de todo su ciclo de vida. El artículo presenta tres ejemplos ilustrativos de potenciales impactos territoriales de la electromovilidad que conllevan profundas implicancias de justicia.

*Palabras clave* electromovilidad, justicia de la movilidad, *Life Cycle Assessment*.

## **ABSTRACT**

Despite the benefits of electromobility declared by the Chilean government, its current policy is not considering territorial impacts associated with its development, beyond the operation of electric vehicles in cities. This article proposes a comprehensive analytical framework that combines the mobility justice approach and the Life Cycle Assessment (LCA) model, which allows for a territorial and multi-scale view of the impacts of electromobility throughout its entire life cycle. The article presents three illustrative examples of potential territorial impacts of electromobility that carry profound justice implications.

*Keywords* electromobility, mobility justice, Life Cycle Assessment.

## 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años la implementación masiva de la electromovilidad se ha instalado como un enfoque predominante tanto en la planificación de un futuro transporte sustentable, como en la respuesta al cambio climático desde la movilidad. Su auge creciente se vincula a los principales beneficios declarados por quienes promueven esta tecnología. Primero, su contribución a reducir la dependencia de los combustibles fósiles y a promover la diversificación energética. Ello es relevante considerando que el año 2019 el sector transporte representaba un tercio del consumo de energía en el mundo, abastecido principalmente por derivados del petróleo (92,2%) (IEA, 2020). Segundo, el rol preponderante que ha adquirido en la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), toda vez que el sector transporte aporta con un 25% de las emisiones globales de CO<sub>2</sub> (ICCT, 2021). Tercero, su contribución a la descontaminación de aire y ruido en ciudades, disminuyendo los niveles de material particulado en su totalidad - dado que los vehículos eléctricos (VE) no emiten esas partículas (IEA, 2020) - y reducen entre un 50% y 70% los niveles de ruido (EEA, 2019). Finalmente, su rol potencial en fomentar la innovación tecnológica y generar empleos en la industria de la movilidad sostenible (Thiel et al, 2019).

Si bien en el último tiempo se han comenzado a discutir estos beneficios de la electromovilidad (Henderson, 2020; Sovacool, 2017; Cresswell et al., 2018; Requía et al., 2018), aún no existe el debate suficiente que permita alertar, corregir o abordar anticipadamente impactos de la electromovilidad en términos de equidad y justicia. Surge así la pregunta por quiénes se benefician y quiénes asumen los costos de su creciente implementación. Algunos ejemplos de inequidades son las experimentadas por comunidades de bajos ingresos y áreas rurales, quienes, dado su alto costo, presentan un menor acceso tanto a VE (Sovacool et al., 2019b) como a infraestructura de carga (Eriksson & Olsson, 2022). También se observa un mucho menor acceso a VE por parte de países pobres del Sur Global (Ebenezer et al., 2021) o la introducción de subsidios a los VE que benefician a personas de mayor nivel socioeconómico (Caulfield et al., 2022).

Si bien se han comenzado a identificar éstas y otras inequidades, la discusión en torno a las desigualdades territoriales que la electromovilidad trae consigo son pobremente abordadas (Romero-Lankao et al., 2022). En este sentido, la justicia de la movilidad (Sheller, 2018), entendida como el acceso desigual al movimiento y la capacidad de moverse que se puede experimentar desde la escala local del barrio hasta la escala global, es un enfoque que está comenzando a ser utilizado para observar la electromovilidad. Este implica no sólo una perspectiva crítica de la tradicional visión de la literatura de transporte, centrada en la tecnología de propulsión, las emisiones de CO<sub>2</sub> y la eficiencia energética. Permite también desarrollar un enfoque territorial y relacional - que conecta distintas escalas -, así como una mirada comprehensiva y compleja (Sheller, 2018; Henderson, 2020). Es decir que tras los VE existe un ciclo de vida de fabricación, operación y desecho y reciclaje de sus componentes que se debe considerar en los análisis y que nos lleva a otros territorios y actores más allá de las ciudades donde ellos transitan.

En términos de desigualdades territoriales se pueden mencionar algunos ejemplos. Primero, a pesar de que la electromovilidad puede tener impactos positivos en la calidad del aire y en la salud de las

personas, un reciente estudio realizado en California señala que estos impactos ocurren en áreas urbanas de mayor nivel socioeconómico (García et al., 2023). Segundo, otras investigaciones afirman que la electromovilidad no es ni efectiva ni equitativa, desplazando la emisión de CO<sub>2</sub> y otros contaminantes desde áreas urbanas a rurales, en particular considerando la actual matriz eléctrica (Hosseini & Stefaniec, 2023). Tercero, la producción de baterías de litio necesarias para los VE, involucra la extracción de minerales de países en desarrollo que puede dar lugar a violaciones de los derechos humanos - como en el caso de la minería de cobalto en la República Democrática del Congo (Amnesty International, 2016); o conflictos por recursos - como la minería de litio en Chile, la cual está trayendo impactos negativos no solo ambientales sino también en las comunidades, en particular en torno a la crisis hídrica (Figueroa Sánchez, 2020; Fornillo, 2019).

Desde allí las preguntas que guían este artículo son cómo evaluar el desarrollo de la electromovilidad en Chile a partir de un enfoque territorial y de justicia y si es posible determinar cómo la electromovilidad impactará territorialmente a lo largo de todo su ciclo de vida. Siguiendo con esta lógica, este artículo propone un marco analítico integral compuesto por el enfoque de justicia de la movilidad y el modelo de *Life Cycle Assessment* (LCA), este último caracterizado por evaluar los impactos ambientales asociados a todas las etapas del ciclo de vida de un producto, proceso o servicio. Estas literaturas actualmente no conversan entre sí. Su combinación permite desarrollar una mirada territorial y multiescalar a la vez que pragmática de los impactos de la electromovilidad, aplicable al ámbito de las políticas públicas y la planificación. A través de tres ejemplos ilustrativos de impactos territoriales derivados del marco analítico propuesto, este artículo intenta visualizar diversas injusticias que traerá la movilidad eléctrica en Chile si no se abordan anticipadamente.

El artículo se divide en 6 secciones. La sección 2 aborda la electromovilidad en el contexto chileno. La sección 3 desarrolla la justicia de la movilidad como enfoque para analizar la electromovilidad. Se propone luego un marco analítico integral de la movilidad eléctrica en la sección 4. En la sección 5 se presentan tres ejemplos ilustrativos de potenciales injusticias territoriales de la movilidad eléctrica en Chile. La sección 6 aborda conclusiones e implicancias para políticas públicas.

## **2. ELECTROMOVILIDAD EN EL CONTEXTO CHILENO**

El sector transporte es uno de los principales consumidores de energía en el mundo. La situación chilena no es tan distinta de la global, en la cual el 37% del consumo energético final corresponde a tal sector y, de esta fracción, más del 99% corresponde a derivados del petróleo, volviéndolo responsable de cerca de un 26% del total de emisiones de GEI del país (Ministerio de Energía, 2021c; World Bank, 2020).

En Chile la electromovilidad se impulsa desde el año 2017 a través de la Estrategia Nacional de Electromovilidad a cargo del Ministerio de Energía en colaboración con el Ministerio del Medio Ambiente y el Ministerio de Transporte. Esta estrategia establece metas para la promoción de los VE, definiendo que, para el 2040, el 100% del transporte público urbano sea eléctrico y que, para el 2050, el 40% de la flota de vehículos privados sea eléctrica. Tales metas se han actualizado al año

2021 a través de una Nueva Estrategia de Electromovilidad que busca acelerar la adopción de VE, estableciendo que, para el 2035, el 100% de las ventas de vehículos livianos y medianos, del transporte público (autobuses, taxis y colectivos), así como maquinaria móvil de mayor tamaño, serán de cero emisiones. Varias iniciativas gubernamentales complementan y apoyan los objetivos de la Nueva Estrategia. En general, todas estas leyes y políticas intentan crear incentivos para la adopción de VE, promover el desarrollo de infraestructura de carga y comprometerse con la descarbonización de la matriz energética. Sin embargo, no se han identificado iniciativas relacionadas con posibles impactos territoriales durante el ciclo de vida de un VE.

El impulso que se le está dando a la electromovilidad en Chile implica que, a mediados del año 2020, la flota de buses eléctricos era la mayor de Latinoamérica y la segunda a nivel mundial después de China, contándose 676 buses eléctricos en el sistema de transporte público de Santiago “Red”, cifra que hoy en día alcanza las 1.112 unidades. Por su parte, si bien el año 2022 el porcentaje de ventas de VE en Chile fue de 0,44% respecto del total de vehículos, el mercado de VE estaría experimentando un impulso creciente, pasando de 1000 vehículos en circulación el año 2020 a un número estimado de 581.533 para el 2030 y casi cuatro millones para el 2050 (Uriarte et al., 2021).

Algunos incentivos económicos para la adopción de VE son el impuesto verde (Ley 20.780) y el no pago del permiso de circulación por dos años y posteriores rebajas en los siguientes 6 años (Ley 21.505). En cuanto al transporte público, uno de los factores que ha impulsado el crecimiento del parque de buses eléctricos en Chile es un requerimiento mínimo de un porcentaje de este tipo de buses en las licitaciones a empresas de transporte urbano y un reconocimiento a las empresas que proponen un porcentaje alto. Finalmente, el estímulo otorgado a la movilidad eléctrica en Chile no solo responde a los beneficios que conlleva en términos de su aporte a la reducción de la dependencia de los combustibles fósiles, disminución de GEI y la descontaminación de aire y ruido. El potenciamiento del crecimiento económico es de especial importancia pues Chile es uno de los países con las mayores reservas de litio y cobre a nivel mundial, dos elementos esenciales para la producción de VE (Ministerio de Energía et al., 2017; 2018). Es por ello que se considera fundamental posicionar al país como un actor relevante en torno a este recurso clave y en la industria a nivel mundial. En efecto, el gobierno de Chile ha recientemente presentado la Estrategia Nacional del Litio, cuyas medidas buscan incorporar capital, tecnología, sostenibilidad y agregación de valor a tal sector productivo.

### **3. LA JUSTICIA DE LA MOVILIDAD COMO ENFOQUE PARA ANALIZAR LA ELECTROMOVILIDAD EN CHILE**

El discurso internacional en torno a la electromovilidad ha estado enfocado principalmente en los supuestos de cero emisiones y de movilidad sustentable. La discusión en torno a las desigualdades territoriales que la electromovilidad trae consigo son escasamente abordadas. Chile no es una excepción a estas tendencias. Si bien se ha identificado literatura que abarca conflictos en torno a la

minería del litio en el Sur Global (Figuerola Sánchez, 2020; Fornillo, 2019; Jérez et al, 2020), no se han detectado trabajos que aborden impactos territoriales a lo largo del ciclo de vida de la electromovilidad desde un enfoque de justicia.

Según Sheller (2018) la justicia de la movilidad es un enfoque para pensar cómo el poder y la desigualdad informan la gobernanza y el control de todas las formas de movimiento, dando forma a patrones de movilidad e inmovilidad desiguales en la circulación de personas, recursos e información. El acceso a un automóvil, la capacidad de andar en bicicleta de forma segura, o el acceso al uso del transporte público son todos hechos impactados por sistemas de poder e inequidad. Ejemplos de injusticias de la movilidad son la inseguridad que experimentan las mujeres al moverse por la ciudad, la violencia que sufren grupos marginados en los espacios públicos, la falta de servicios de transporte que experimentan comunidades tanto urbanas marginadas como rurales, la incapacidad de personas migrantes de moverse de un país a otro, etc. Es, en síntesis, el acceso diferencial y desigual al movimiento y la capacidad de moverse, el cual puede experimentarse desde la escala local del barrio hasta la escala global.

El enfoque de la justicia de la movilidad se destaca por su carácter territorial, multiescalar y relacional, en el cual el movimiento y la justicia suceden a través de escalas que se entrelazan (cuerpo, calle, escala urbana extendida, escala nacional y planetaria). Va mucho más allá de los actuales enfoques de la justicia del transporte y de la justicia social. Mientras la mayoría de las teorías de justicia son a-espaciales y consideran el espacio sólo como un *container* de los procesos sociales, la justicia de la movilidad considera las dimensiones espaciales y geográficas de las movilidades. Por otra parte, la justicia espacial no es suficiente puesto que la ciudad no es un lugar fijo sino móvil, que se extiende desde lo local a lo global, una articulación relacional que funciona a través de varias escalas al mismo tiempo (Sheller, 2018). Finalmente, la justicia energética sí se asemeja a la justicia de la movilidad en cuanto a la fluidez escalar (Sovacool & Dworkin, 2015). Sin embargo, su objeto es la energía y no la movilidad. La justicia de la movilidad, en cambio, se enfoca en las personas afectadas por la movilidad de otros (Henderson, 2020).

La justicia de la movilidad se plantea como un “marco totalizador” (Henderson, 2020) que logra unificar las visiones de un amplio espectro de actores. Sin embargo, su amplitud y complejidad trae dudas acerca de su implementación práctica, por ejemplo, cómo se puede realizar planificación a partir de tal perspectiva; o qué metodologías y herramientas tanto para investigación como para planificación se desprenden de tal enfoque (Verlinghieri & Schwanen, 2020). No obstante las críticas al enfoque de la justicia de la movilidad, este artículo lo considera una perspectiva fundamental para el análisis de los impactos de la electromovilidad y representa un aporte a los estudios de transporte y movilidad en Chile. Asumiendo la crítica referida a la falta de pragmatismo, este artículo propone combinarlo con el modelo del LCA. La siguiente sección ofrece un marco analítico integral basado en ambas perspectivas.

#### **4. HACIA UN MARCO ANALÍTICO INTEGRAL DE LA ELECTROMOVILIDAD**

El objetivo de esta sección es proponer las bases de un marco analítico integral de la movilidad eléctrica basado en la justicia de la movilidad y en el modelo del LCA. Actualmente estas perspectivas no conversan entre sí, por lo que la propuesta de este artículo constituye un aporte a la literatura en la materia. Pretende aportar, además, a una mayor vinculación entre literatura académica y *policymaking* en torno a la electromovilidad.

El LCA es un marco o metodología para evaluar los impactos ambientales asociados a todas las etapas del ciclo de vida de un producto, proceso o servicio comercial (Nordelöf & Arvidsson, 2019). En el caso de un producto manufacturado, los impactos ambientales se evalúan desde la extracción y procesamiento de la materia prima, pasando por la fabricación, distribución y uso del producto, hasta el reciclaje o disposición final de los materiales que lo componen (European Commission, 2010; Toniolo et al., 2021).

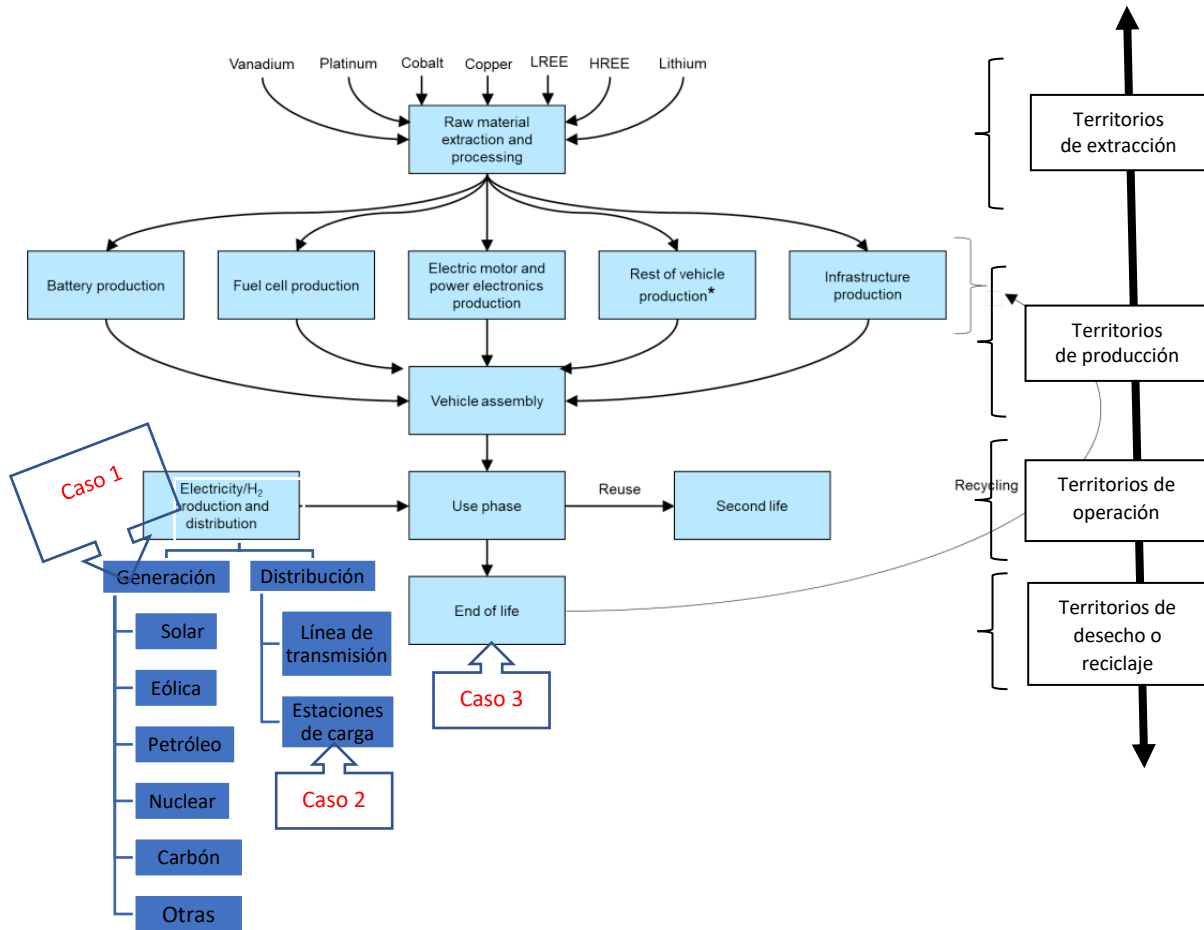
La electromovilidad ha sido ampliamente abordada a partir del enfoque del LCA. Sin embargo, la mayoría de los estudios tienen como objetivo comparar los impactos ambientales de las tecnologías emergentes de transmisión (por ejemplo, VE a batería) con los motores de combustión interna convencionales (Dolganova et al., 2020; Toniolo et al., 2021). Los impactos territoriales, si bien podrían estar implícitos en algunos de los estudios, no son abordados de manera directa. Por otro lado, no obstante existe un enfoque territorial del LCA (Loiseau et al., 2018), no se han encontrado estudios que aborden la electromovilidad a partir de tal perspectiva.

Si bien existen diversos estudios de evaluación del ciclo de vida de VE, el modelo de Nordelöf & Arvidsson (2019) se ha identificado como el más comprehensivo. Este aborda el ciclo de vida de un VE genérico con los procesos y flujos ambientales más importantes. Muestra el inicio del ciclo de vida a partir de la extracción de materias primas, continuando con la producción de sus componentes, su ensamblaje y posterior fase de uso y fin de vida útil. Indica, además, la posibilidad de una segunda vida y de reciclaje e incorpora la producción y distribución de electricidad como input para la fase de uso. No obstante este modelo es comprehensivo respecto del ciclo de vida de un VE, carece aún de una mirada territorial y multiescalar. Por ejemplo, el requerimiento de espacio de las estaciones de carga (tercer ejemplo ilustrativo que veremos en la siguiente sección), así como la demanda de suelo para la producción de energía a través de energías renovables, no están visiblemente contemplados. En efecto, los impactos de la electromovilidad en el uso del suelo, tanto de la producción de electricidad como de su distribución, están siendo incipientemente abordados (Orsi, 2021).

Para poder desplegar un enfoque de justicia de la movilidad, es necesario incluir una visión territorial, multiescalar y relacional a lo largo de todo este modelo de LCA. Así, tras la extracción y procesamiento de materias primas existen territorios que experimentan impactos producto de esa actividad, al igual que durante toda la cadena de producción y ensamblaje, uso y fin de vida útil. En particular, respecto a la producción y distribución de electricidad, es necesario distinguir entre ambos. Primero, la producción de electricidad refiere a la matriz energética, la cual puede incluir distintos tipos de energía (solar, eólica, nuclear, petróleo, etc.) y, por lo tanto, distintos impactos en los territorios donde se genera. Y segundo, la distribución de energía no solo refiere a la línea de

transmisión, sino que a las estaciones de carga, ambas estando en distintos territorios pero relacionadas entre sí. De este modo, este marco analítico integral pretende visibilizar la existencia e interrelación entre territorios de extracción, de producción, de operación y de desecho y reciclaje (ver Figura 1).

**Figura 2. Marco analítico integral de la movilidad eléctrica**



Fuente: elaboración propia basada en Nordelöf & Arvidsson (2019).

Nota: en la figura se muestran los tres casos de impactos territoriales que serán abordados en la siguiente sección.

El enfoque de justicia de la movilidad involucra, además, territorios locales y globales, así como las interacciones entre ellos. Por ejemplo, la globalización de la extracción de recursos y las cadenas de suministro de VE contribuye a la confusión y la incertidumbre en los inventarios del ciclo de vida de los VE (Henderson, 2020), haciendo que la contaminación y emisiones de las distintas etapas del ciclo de vida de la electromovilidad se produzcan en distintos territorios.

## **5. TRES POTENCIALES IMPACTOS TERRITORIALES DE LA ELECTROMOVILIDAD EN CHILE**

En esta sección se describen tres ejemplos ilustrativos de potenciales impactos territoriales de la electromovilidad en Chile que se desprenden del marco analítico integral recién expuesto: i) las emisiones de contaminantes locales en territorios generadores de energía, asociadas a la generación de electricidad y a territorios de operación; ii) el desecho de baterías de litio, asociado al fin de vida útil y a territorios de desecho o reciclaje; y iii) el impacto de la instalación de estaciones de carga, asociado a la distribución de electricidad y a territorios de operación. En este artículo se realizaron estimaciones de cómo estos impactos pueden llegar a afectar a los territorios, las cuales son preliminares ya que la baja cantidad de VE en la actualidad hace difícil proyectar la evolución de este mercado en los próximos años. Aun así, los cálculos ofrecidos ayudan a generar una mirada crítica y pueden aportar a la toma de decisiones de política pública en torno a la electromovilidad.

### **5.1 Emisiones de contaminantes locales en territorios generadores de energía**

Desde la firma del acuerdo de París, los países han comenzado a realizar diversos esfuerzos para reducir su huella de carbono, siendo una de las principales medidas la implementación de la electromovilidad (Moon et al., 2018), debido a sus menores niveles de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Este beneficio se genera gracias a que se deja de depender de la combustión interna de los vehículos, reemplazándola por energía producida en plantas generadoras. Esto hace que la demanda por electricidad aumente de manera exponencial con la llegada de los VE (Qian et al. 2011), por lo que, si no existe una política nacional que ayude a suavizar este aumento de demanda, pueden existir presiones sobre los territorios generadores de energía.

A pesar del potencial geográfico chileno de generar energía de manera limpia, la producción energética nacional depende principalmente del petróleo, biomasa, carbón y gas natural, siendo los combustibles fósiles el 68% de la matriz energética primaria actual, mientras que las Energías Renovables no Convencionales representan el 32% (Simsek et al., 2019; García, 2021). De todos los sectores, el transporte es uno de los que más energía consume (Ministerio de Energía, 2017). Debido a ello, los beneficios de la transición a la electromovilidad pueden ser menores a lo estimado.

En Chile existen 176 generadoras eléctricas con combustibles fósiles con una capacidad instalada de 13.420 MW y repartidas en 91 localidades<sup>1</sup>. Estas centrales han tenido una participación de entre 45 y 67% del total de la producción energética del país (García, 2021). Es por ello que el gobierno se ha comprometido a cerrar todas las centrales a carbón al año 2040. Sin embargo, se sigue viendo al carbón como una fuente de energía necesaria. Incluso el año 2019 se ha abierto una nueva planta termoeléctrica en Mejillones. Las conversaciones entre el Gobierno y las empresas han llevado a que algunas centrales más antiguas y menos eficientes ya estén desconectándose del sistema. El problema es que gran parte del parque de generación a carbón es nuevo, de manera que, en 2030,

---

<sup>1</sup> <http://datos.energiaabierta.cl/dataviews/245691/capacidad-instalada-de-generacion-sen/>



por ejemplo, el 65% de la capacidad tendrá menos de 20 años; es decir, recién habrán cumplido la mitad de su vida útil.

El crecimiento esperado de la demanda por VE en Chile implica un crecimiento en la demanda por energía proveniente de las generadoras eléctricas, las cuales, al no ser fuentes de energía limpia, pueden aumentar su impacto ambiental en los territorios donde se localizan. Así, la introducción de la electromovilidad puede generar un traslado de contaminación desde Santiago – y otras ciudades con la capacidad de introducir VE – hacia estos lugares donde la energía es producida. Para ver este posible impacto territorial se propone el siguiente modelo:

$$MP_{i,t} = C_{t,i} * \sum_{j=1} K_{t,j} * E_{t,j} \quad (1)$$

Donde MP son las emisiones de material particulado en el sector i el año t; C son las emisiones de MP por MWh de la localidad i en el año t; K son los kilómetros recorridos por el vehículo j el año t; y E es la energía consumida por kilómetro recorrido del vehículo j el año t<sup>2</sup>.

Para la estimación de los resultados hemos considerado la flota de VE y las emisiones al 2030, 2040 y 2050. Estos periodos son parte de las metas que ha propuesto el gobierno para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 30%, cerrar todas las centrales termoeléctricas y tener un 40% de VE (581.533 VE al año 2030 y 3.935.469 VE al año 2050) (Uriarte et al., 2021; Ministerio de Energía 2017). Para las estimaciones utilizamos los siguientes supuestos: un consumo eléctrico por kilómetro recorrido de 0,15 km/kWh promedio<sup>3</sup>, 28.000 kilómetros recorridos anuales<sup>4</sup> y el cierre de varias centrales termoeléctricas al año 2030 (Chile Sustentable, 2021) y su totalidad al 2040. Un último supuesto es un crecimiento lineal de los VE del 2020 al 2050.

La tabla 1 muestra las comunas que se verán más afectadas por el incremento de VE en Chile, considerando el cierre de las plantas termoeléctricas al año 2040 y el crecimiento esperado de VE. Las emisiones de material particulado relacionadas a la electromovilidad van en aumento en las principales localidades afectadas. Estas localidades tienen generadoras eléctricas a base de combustibles fósiles, gas y petróleo, que no cuentan con un plan de cierre en el mediano o largo plazo, por lo que la mayor demanda de energía puede generar mayores niveles de contaminación. Además, las emisiones locales totales en el país aumentarían más de 25 veces al 2050 respecto al 2030, dada la alta demanda energética que la masificación de la electromovilidad traería consigo. Es por ello que no es suficiente implementar la electromovilidad como medida de mitigación de emisiones si no existe un cambio en la manera en que producimos la energía.

---

<sup>2</sup> La base de datos con la que se construye esta información está disponible en Energía Abierta de la Comisión Nacional de Energía. <http://energiaabierta.cne.cl/>

<sup>3</sup> Guía para Vehículos Eléctricos; url: <https://bit.ly/3F40qNX>

<sup>4</sup> Chile encabeza ranking de uso de vehículo con promedio de 29 mil km recorridos al año; url: <https://bit.ly/3H7ADpC>

**Tabla 1. Emisiones de material particulado (Ton) generadas por el uso de vehículos y buses eléctricos, por comuna generadora.**

Comuna	Automóviles			Buses		
	2030	2040	2050	2030	2040	2050
Mejillones	1,62	741,26	1,701,20	0,08	15,99	23,35
Cabrero	15,40	57,70	132,43	0,72	1,24	1,82
Copiapó	10,51	39,39	90,40	0,49	0,85	1,24
Quillota	9,31	34,86	80,00	0,44	0,75	1,10
Diego de Almagro	9,24	34,62	79,45	0,43	0,75	1,09
Total	95,88	1095,11	2513,28	4,51	23,62	34,50

Fuente: Ministerio de Energía (2020)

## 5.2 Desecho de baterías de litio

Otro impacto ambiental que los VE provocarán a nivel territorial es el desecho de baterías de litio. Estas son un compuesto esencial de estos vehículos y tienen pocas posibilidades de tener una segunda vida con la tecnología actual. En efecto, actualmente según algunos autores sólo se recicla entre un 1% (Valenzuela et al., 2022) y un 5% de todas las baterías a nivel mundial (Harper et al., 2019). El problema de reciclar un porcentaje tan bajo es que pueden ser fuente de metales peligrosos para el medio ambiente, tales como el níquel, cobre y plomo. Sin la infraestructura necesaria estos metales pueden generar filtraciones que exceden los límites aceptables de concentración (Kang, Chen & Ogunseitan, 2013). Es por ello que el incremento en el uso de baterías puede generar un problema de desechos si no existe una política de reciclaje que tenga la capacidad suficiente, especialmente por el tamaño de estas baterías.

Para estimar la cantidad de baterías de litio que van a terminar su vida útil en Chile vamos a utilizar el mismo supuesto sobre la cantidad de VE en circulación al año 2050, asumiendo el mismo parque vehicular de la sección anterior. Por otro lado, debemos calcular la vida útil de estas baterías, definida como la cantidad de cargas/descargas que soportan. Tal cálculo es incierto dado que todavía no se entienden a cabalidad los factores internos y externos que pueden afectar la batería. Por ejemplo, Marano et al. (2009) estiman que las baterías tienen una vida útil de diez años si se le ha dado una operación favorable, evitando sobrecargas, altas temperaturas y conducción agresiva, aunque la literatura muestra grandes varianzas en las estimaciones, entre cinco (Anderman, 2007) y quince años (Kalhammer et al., 2009). A pesar de lo anterior, asumiremos que el fin de la vida útil de una batería de litio se alcanza cuando ésta llega a un 80% de su capacidad original (Williams and Lipman, 2010).

Para estimar el tamaño y peso de estas baterías utilizamos el volumen de las celdas que utiliza el modelo Tesla S EV para sus vehículos – las celdas de batería 18650 – las cuales miden 18 mm de diámetro y 65 mm de alto. Cada vehículo tiene miles de celdas lo que lleva a que la batería completa tenga un tamaño de 2,7m x 1,5m x 0,1m<sup>5</sup> equivalente a 0,405 m<sup>3</sup>. La Tabla 2 muestra cuántas baterías se van a desechar y cuánto espacio se requiere para éstas de aquí al 2050 si es que no surgen empresas que tengan la capacidad de reciclar baterías a gran escala. Al año 2050 se espera en promedio más de 2,2 millones de baterías desechadas, lo cual implica un espacio necesario de 882.351 m<sup>3</sup>, equivalente a 261 piscinas olímpicas. La pregunta que resta entonces es qué territorios deberán asumir la disposición de tales desechos. Actualmente existen en Chile algunas empresas que se encargan de la recolección y reciclaje de residuos eléctricos y electrónicos de menor tamaño (Degraf y Midas), y una empresa que dispone los desechos en depósitos de concreto para ser enterradas (Hidronor).<sup>6</sup> Todas estas empresas se localizan en la periferia norte de la Región Metropolitana y en otros territorios alejados de centros urbanos.

**Tabla 2. Cantidad de baterías desechadas por vehículos eléctricos**

		2030	2040	2050
Baterías	Flota de automóviles	581,533	2,178,645	3,935,469
	Vida útil 5 años	264,824	1,380,089	2,977,202
	Vida útil 10 años	900	581,533	2,178,645
	Vida útil 15 años	0	264,824	1,380,089
	Vida útil 5 años	107,254	558,936	1,205,767
Espacio necesario (m3)	Vida útil 10 años	365	235,521	882,351
	Vida útil 15 años	0	107,254	558,936

### 5.3 Impacto de la instalación de estaciones de carga

Hay dos aspectos de justicia que refieren al impacto de las estaciones de carga en Chile. Primero, de 520 cargadores a nivel nacional, un 59% se concentra en la RM (Ministerio de Energía, 2021b), particularmente en sectores acomodados de la ciudad. Tal concentración se debe principalmente a la densidad de estos sectores de la ciudad y a los ingresos de sus habitantes ya que estos tienen la capacidad financiera de adquirir un VE (Sovacool et al., 2019a). Otras ciudades chilenas tienen puntos de carga, pero en un número bastante menor. Segundo, la infraestructura de carga disponible cerca del hogar es uno de los principales incentivos para comprar VE (Singer, 2016). A su vez, la cantidad de estaciones depende del mercado potencial de VE. Este círculo vicioso genera una barrera de entrada a la electromovilidad en sectores de menores recursos (Cohen and Shirazi, 2017), además

<sup>5</sup> Patente [US8286743B2](https://patents.google.com/patent/US8286743B2) Vehicle battery pack ballistic shield <https://bit.ly/3kgMjgg>

<sup>6</sup> <https://www.revistaei.cl/2019/11/27/reciclaje-de-baterias-de-litio-el-dificil-desafio-que-se-viene-con-la-electromovilidad/#>

de alterar la provisión de servicios de movilidad en áreas urbanas al no existir opciones de recarga en sectores más vulnerables (Sovacool et al., 2019a).

Los VE tienen tres barreras importantes que afectan su capacidad de masificación en el mercado nacional. Las dos primeras – precio y rango de uso – están siendo rápidamente superadas gracias a los avances tecnológicos. La tercera, referida a la cantidad de puntos de carga necesarios, corre distinta suerte. La carga de VE tiene una diferencia respecto a su par de combustión interna ya que los primeros tienen la capacidad de ser cargados en distintos puntos y con distintas tecnologías. Por ejemplo, la carga se puede realizar en el hogar, en el trabajo y en espacios públicos, ya sea con tecnologías de carga lenta, carga rápida o carga súper-rápida. Esta diferencia en los lugares de carga hace que cada ciudad tenga necesidades distintas de infraestructura. Los sectores con más viviendas unifamiliares van a necesitar menos infraestructura de carga pública ya que estos hogares tienden a tener mayor espacio disponible para la instalación de una estación. En cambio, ciudades con mayor densidad poblacional van a depender más de los puntos de carga en lugares públicos o semipúblicos.

Por ejemplo, al 2030 se estima que en USA un 33% de la energía cargada en un VE va a ser en lugares públicos, comparado con un 59% en Europa y un 85% en China, las cuales tienen ciudades más densas. En Chile, según estimaciones realizadas por la Universidad de Santiago (Uriarte et al., 2021), con una flota esperada de 3.935.469 vehículos eléctricos al 2050, se van a necesitar 131.182 puntos de carga eléctrica, de los cuales un 56% estarán ubicados en espacios públicos o semipúblicos, lugares céntricos y densos, donde el espacio es limitado y de alto valor económico.

La instalación de estaciones de carga en ciudades tiene un costo en espacio público relevante, que impacta principalmente a los sectores más densificados. La Estrategia Nacional de Electromovilidad (Ministerio de Energía, 2017, 2021) especifica que la infraestructura de carga son espacios preferentes para los VE, lo que implica que van a existir espacios públicos exclusivos para personas con la capacidad financiera de comprar un VE, espacios que podrían ser utilizados para otros usos más eficientes y sustentables, como áreas verdes o ciclo vías.

Según el Artículo 2.4.2 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (O.G.U.C.) los estacionamientos deben tener un ancho mínimo de 2,5 m y un largo de 5 m. Si utilizamos la estimación anterior de Uriarte et al. (2021) respecto a la cantidad de VE esperada, al 2030 se van a utilizar 135.688 m<sup>2</sup> de estacionamientos exclusivos para VE en espacios públicos o semipúblicos, lo que equivale a 12,32 canchas de fútbol; mientras que al 2050 se necesitarán 918.274 m<sup>2</sup> de estacionamientos en espacios públicos o semipúblicos, equivalente a 85 canchas de fútbol. Ello implica un impacto urbano-territorial que no está siendo considerado por los actuales instrumentos de política pública en Chile.<sup>7</sup> Tampoco es abordado en el modelo de LCA de la movilidad eléctrica, por lo que el marco integral de análisis propuesto en este artículo se plantea como una herramienta que contribuye a la discusión.

---

<sup>7</sup> Tal impacto territorial podría verse alterado si se masifica en el país el battery swapping.

Finalmente, otro estudio sobre los efectos que traerá la electromovilidad en el uso del suelo urbano que apoya los resultados presentados más arriba, señala que se deben proporcionar una gran cantidad de espacios de estacionamiento en una ciudad para garantizar que los propietarios de VE puedan encontrar fácilmente un lugar vacío cuando sea necesario, siendo un número apropiado, de 10 a 15 VE por punto de carga (UE, 2014; IEA, 2017 en Orsi, 2021), equivalente a alrededor de 70-100 m<sup>2</sup> de espacio de estacionamiento dedicado cada 100 VE.

## 6. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones de este artículo refieren a los altos impactos territoriales que se podrían experimentar en un futuro con el actual modelo de electromovilidad chileno y a la necesidad de contar con análisis integrales que consideren dimensiones territoriales y de justicia a lo largo de todo su ciclo de vida. En este artículo se han mostrado tres potenciales impactos territoriales que deben ser analizados en profundidad al realizar estimaciones costo-beneficio de la electromovilidad y que pueden acentuar y/o generar nuevos conflictos territoriales. Los cálculos realizados son perfectibles y no buscan ser una predicción de los efectos futuros de la electromovilidad, sino más bien generar escenarios que ayuden a entender este fenómeno.

Primero, el aumento del uso de energía afectará a los territorios encargados de generar la energía necesaria para el uso de los VE, agudizando las diferencias entre las ciudades, las cuales podrán reducir sus niveles de contaminación, pero la trasladarán a lugares de menos recursos que solo verían los costos del recambio tecnológico. Segundo, la cantidad de baterías de litio necesarias para la electromovilidad puede generar problemas de espacio y fugas de desechos tóxicos si el país no tiene la capacidad de generar una industria de reciclaje. Ello necesariamente traerá injusticias en tanto habrá territorios y comunidades que deberán asumir los costos de la electromovilidad. Tercero, la instalación de puntos de carga tiene impactos negativos en el uso de espacio público ya que la cantidad de estacionamientos necesarios para los VE va en desmedro de otros usos necesarios para la ciudad tales como ciclovías o áreas verdes.

Una revisión rápida de los posibles impactos territoriales simultáneos y a distintas escalas de la electromovilidad nos lleva a concluir sobre el valor que representa el marco analítico integral propuesto en este artículo y su potencial para examinar, de manera relacional, los impactos de la electromovilidad. En efecto, a partir de él se pueden derivar otros potenciales impactos territoriales que no han sido abordados en este artículo. Primero, si bien Chile está avanzando rápido hacia energías renovables surge la pregunta por cuáles serán los impactos territoriales de la implementación de esas energías renovables (principalmente eólica y solar), quiénes se verán afectados por las nuevas plantas de generación y por la red de distribución. Segundo, otro impacto son las emisiones provocadas por la producción de baterías, las cuales se fabrican principalmente en China (en un 70%), país en el cual un 83% de la energía proviene de combustibles fósiles. No obstante estos datos respecto a las emisiones son relevantes en términos del cambio climático, queda la pregunta por cuál es la contaminación local en los territorios donde se producen tales baterías.

Un tercer impacto refiere al sistema de distribución de energía más allá de los puntos de carga de VE, que incluyen el emplazamiento del convertidor de potencia y de los centros de seccionamiento y transformación. Si bien éstos se ubican bajo tierra, pueden surgir competencias con otras instalaciones subterráneas que incluyen gas, comunicaciones, oleoductos, redes locales de calefacción e instalaciones para suministro de agua y drenaje (Delmastro et al., 2016). Ello implica que la electromovilidad se mueve incluso hasta los espacios del subsuelo urbano, haciendo más relevante aún adoptar un marco analítico integral para su estudio y evaluación.

Cabe señalar que la electromovilidad socava y no complementa otras estrategias reales de transición hacia una movilidad sostenible, referidas a evitar y cambiar el uso del automóvil por modos activos y transporte público. Está ampliamente demostrado que la movilidad deviene más sustentable cuando aumentan las barreras al uso de vehículos privados y se mejora el sistema de transporte público y otros modos de desplazamiento ambientalmente más amigables (Leichter et al., 2022). Diversos investigadores del mundo académico del Norte Global están llamando a focalizar los esfuerzos en estrategias como el apoyo al transporte público, la movilidad compartida, los modos activos, en vez de ofrecer incentivos a los VE privados, de modo de cumplir con los urgentes objetivos climáticos y favorecer la equidad (Henderson, 2020; Hosseini & Stefaniec, 2023; Sopjani et al, 2020). En parte Chile estaría yendo por el camino correcto, realizando esfuerzos importantes con la introducción de buses eléctricos en el transporte público de la capital y comenzando lentamente a extenderlos hacia otras regiones del país. Sin embargo, dadas las metas del gobierno respecto a la adopción masiva de VE y a la presión por generar un ecosistema de movilidad eléctrica privada, se corre el riesgo de desviar los recursos hacia soluciones menos sustentables y justas frente a los desafíos climáticos. Estamos en un momento crucial para evitar que ello ocurra. Herramientas como la propuesta en este artículo pueden favorecer tal discusión.

**Financiamiento** Se declara haber recibido el siguiente apoyo financiero para la investigación, autoría y/o publicación de este artículo: ANID Programa Postdoctorado N°3190714.

## REFERENCIAS

AMNESTY INTERNATIONAL, (2016). *“This is what we die for”: Human rights abuses in the Democratic Republic of the Congo power the global trade in cobalt*. Disponible en: <https://www.amnesty.org/en/wp-content/uploads/2021/05/AFR6231832016ENGLISH.pdf>

Anderman, M. (2007). “Status and Prospects of Battery Technology for Hybrid Electric Vehicles, Including Plug-in Hybrid Electric Vehicles”, briefing to the U.S. Senate Committee on Energy and Natural Resources, Washington, DC (January 2007).

Burton, T., Powers, S., Burns, C., Conway, G. et al.(2023). "A Data-Driven Greenhouse Gas Emission Rate Analysis for Vehicle Comparisons," *SAE Int. J. Elec. Veh.* 12(1):91-127, 2023.

Caulfield, B., Furszyfer, D. Stefaniec, A., Foley, A. (2022). Measuring the equity impacts of government subsidies for electric vehicles, *Energy* 248, 123588.

Chile Sustentable, 2021. “Ley Que Prohibe La Instalación y Operación de Centrales Termoeléctricas a Carbón En Todo El País al Año 2025.”

Delmastro, C., Lavagno, E., & Schranz, L. (2016). Underground urbanism: master plans and sectorial plans, *Tunnelling and Underground Space Technology*, 55, 103-111.

Dolganova, I., Rödl, A., Bach, V., Kaltschmitt, M., & Finkbeiner, M. (2020). A review of life cycle assessment studies of electric vehicles with a focus on resource use. *Resources*, 9(3), 32.

Ebenezer, N., Dalkmann, H., Haq, G., Cervantes Barron, K., Brand, C., Dixon, J., Collett, K., Cullen, J., Hine, J., Hirmer, S., Patterson, S., Pye, S., Sivakumar, A., & Welsby, D. (2021). Electromobility in the Global South: An equitable transition toward road passenger transport decarbonization. Sustainable Mobility for All Partnership and the Climate Compatible Growth (CCG) Programme.

Eriksson, L. & Olsson, L. (2022). The role of middle actors in electrification of transport in Swedish rural areas. *Case Studies on Transport Policy* 10(3) 1706-1714.

European Commission, 2010. ILCD Handbook: Analysing of existing Environmental Impact Assessment methodologies for use in Life Cycle Assessment. European Commission-Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability.

European Committee of the Regions, 2021. *Territorial Impact Assessment, Zero Emission Vehicles*, Staff working document. European Union. Available at: <https://cor.europa.eu/en/engage/studies/Documents/TIAZeroEmissionsCars.pdf>

European Environment Agency [EEA] (2019). Environmental Noise in Europe. EEA Report No 22/2019. Available at: <https://www.eea.europa.eu/publications/environmental-noise-in-europe/>

Figueroa Sánchez, J. (2020). Transición ecológica y extractivismo de litio en Chile. Gobernanza hídrica y degradación ambiental en el territorio indígena lickanantay. *A&P Continuidad*, 7(12), 30-41.

Fornillo, B. (coordinador) (2019). *Litio en Sudamérica. Geopolítica, energía y territorios*. Editorial El Colectivo, CLACSO, IEALC. Buenos Aires.

García, N. (2021). *Matriz energética y eléctrica en Chile*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Asesoría parlamentaria. Septiembre 2021.

García, E., Johnston, J., McConnell, R., Palinkas, L., Eckel, S. (2023). California's early transition to electric vehicles: Observed health and air quality co-benefits. *Science of The Total Environment* 867 (61761).

Harper, Gavin, Roberto Sommerville, Emma Kendrick, Laura Driscoll, Peter Slater, Rustam Stolkin, Allan Walton, et al. 2019. "Recycling Lithium-Ion Batteries from Electric Vehicles." *Nature* 575 (7781): 75–86.

Henderson, J. (2020). EVs Are Not the Answer: A Mobility Justice Critique of Electric Vehicle Transitions. *Annals of the American Association of Geographers*, 1–18.

Hosseini, K. & Stefaniec, A. (2023). A wolf in sheep's clothing: Exposing the structural violence of private electric automobility, *Energy Research & Social Science* (99) 103052.

International Council on Clean Transportation [ICCT]. (2021). <https://theicct.org/>

International Energy Agency [IEA]. (2020). Global EV Outlook 2020. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020>

Kalhammer, Fritz R, Haresh Kamath, Mark Duvall, Mark Alexander, and Bryan Jungers. 2009. "Plug-In Hybrid Electric Vehicles: Promise, Issues and Prospects," 11. EVS24 International Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium. Stavanger, Norway.

Kang, D., Chen, M. & Ogunseitan, O. (2013). "Potential Environmental and Human Health Impacts of Lithium-Ion Batteries in Electronic Waste," *Environ Sci Technol* 21; 47(10) 5495-503.

Leichter, M., Lerman, L., Maciel, V., & Passuello, A. (2022). Environmental Assessment of Urban Public Transport's Shift from Conventional to Electric Buses: A Case Study. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 10(4), 1-18.

Loiseau, E., Aissani, L., Le Féon, S., Laurent, F., Cerceau, J., Sala, S., & Roux, P. (2018). Territorial Life Cycle Assessment (LCA): What exactly is it about? A proposal towards using a common terminology and a research agenda. *Journal of Cleaner Production*, 176, 474-485. Marano, V., S.

Ministerio de Energía (2017). Estrategia Nacional de Electromovilidad. Un camino para los vehículos eléctricos. Gobierno de Chile.

Ministerio de Energía (2018). Ruta Energética 2018-2022. Liderando la modernización con sello ciudadano. Available: <https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2018/05/rutaenergetica2018-2022.pdf>

Ministerio de Energía (2021a). Plataforma de Electromovilidad. Electrolineas. Available: <https://energia.gob.cl/electromovilidad/ecocarga>



Ministerio de Energía (2021b). Planificación Energética de Largo Plazo (Informe Preliminar - Versión para observaciones del Registro de Participación Ciudadana). Available at: [https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/pelp2023-2027\\_informe\\_preliminar.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/pelp2023-2027_informe_preliminar.pdf)

Ministerio de Energía (2021c). Estrategia Nacional de Electromovilidad 2021. Gobierno de Chile. Available at: <https://energia.gob.cl/documentos/estrategia-nacional-de-electromovilidad-2021>

Moon, HyungBin, Stephen Youngjun Park, Changhyun Jeong, and Jongsu Lee. 2018. “Forecasting Electricity Demand of Electric Vehicles by Analyzing Consumers’ Charging Patterns.” *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 62 (July): 64–79.

Nichols, B.G., Kockelman, K.M., Reiter, M., 2015. Air quality impacts of electric vehicle adoption in Texas. *Transp. Res. Part D Transp. Environ.* 34, 208–218.

Nimesh, V., Kumari, R., Mahendra Reddy, V., Goswami, A.K. (2022). Assessment of Emission Implications of Introducing Electric Vehicles in India on the Non-renewable Energy Sector. In: Parida, M., Maji, A., Velmurugan, S., Das, A. (eds) *Proceedings of the Fifth International Conference of Transportation Research Group of India. Lecture Notes in Civil Engineering*, vol 220. Springer, Singapore.

Nordelöf, A. & Arvidsson, R. 2019. *A research agenda for life cycle assessment of electromobility*. Swedish Electromobility Centre. Available at: <https://research.chalmers.se/en/publication/517547>

Orsi, 2021. “On the sustainability of electric vehicles: What about their impacts on land use?”, *Sustainable Cities and Society* 66(2):102680.

Qian, Kejun, Chengke Zhou, Malcolm Allan, and Yue Yuan. 2011. “Modeling of Load Demand Due to EV Battery Charging in Distribution Systems.” *IEEE Transactions on Power Systems* 26 (2): 802–10.

Romero-Lankao, Paty & Wilson, Alana & Zimny-Schmitt, Daniel. (2022). Inequality and the future of electric mobility in 36 U.S. Cities: An innovative methodology and comparative assessment. *Energy Research & Social Science*. 91. 102760. 10.1016/j.erss.2022.102760.

Sopjani, L. Stier, J., Hesselgren, M. & Ritzén, S. (2020). Shared mobility services versus private car: implications of changes in everyday life, *J. Clean. Prod.* 259 (2020), 120845

Sovacool, B. K., & Dworkin, M. H. (2015). *Energy justice: Conceptual insights and practical applications*. *Applied Energy*, 142, 435–444.

Sovacool, B. K. (2017). Experts, theories, and electric mobility transitions: Toward an integrated conceptual framework for the adoption of electric vehicles. *Energy research & social science*, 27, 78-95.

Sovacool, B., Kester, J., Noel, L., Zarazua de Rubens, G. (2019a). Income, political affiliation, urbanism and geography in stated preferences for electric vehicles (EVs) and vehicle-to-grid (V2G) technologies in Northern Europe, *Journal of Transport Geography*, 78, 214-229.

Sovacool, B., Kester, J., Noel, L., Zarazua de Rubens, G. (2019b). Energy Injustice and Nordic Electric Mobility: Inequality, Elitism, and Externalities in the Electrification of Vehicle-to-Grid (V2G) Transport, *Ecological Economics* 157 (205-217).

Simsek, Yeliz, Álvaro Lorca, Tania Urmee, Parisa A. Bahri, and Rodrigo Escobar. (2019). “Review and Assessment of Energy Policy Developments in Chile.” *Energy Policy* 127 (April): 87–101.

Sheller, M. (2018). *Mobility justice: The politics of movement in an age of extremes*. Verso Books.

Thiel, C., Julea, A., Acosta Iborra, B., De Miguel Echevarria, N., Peduzzi, E., Pisoni, E., ... Krause, J. (2019). Assessing the Impacts of Electric Vehicle Recharging Infrastructure Deployment Efforts in the European Union. *Energies*, 12(12), 2409. doi:10.3390/en12122409

Toniolo, S., Borsoi, L., & Camana, D. (2021). Life cycle assessment: methods, limitations, and illustrations. In *Methods in Sustainability Science* (pp. 105-118). Elsevier.

Uriarte, M. & Díaz, M. 2021. *Proyección Preliminar de Infraestructura de Recarga para Vehículos Eléctricos al 2050*. Documento de trabajo, Centro de Investigación E2Tech y Departamento de Ingeniería Eléctrica, Usach. Available at: [https://e2tech.usach.cl/wp-content/uploads/2022/07/NP001\\_IRVE\\_2050\\_MU.pdf](https://e2tech.usach.cl/wp-content/uploads/2022/07/NP001_IRVE_2050_MU.pdf)

Valenzuela, M. L., Quintana-Contardo, S., Rojas, R., Segovia, M. 2022. Reciclaje de baterías de litio: una realidad para la electromovilidad de Chile, *Revista Estudios de Transporte* 23(1) Número Especial “Electromovilidad(es) en Chile: historia y futuros posibles”, coeditado por Ulriksen, C., Jirón, P. & Carrasco, J.A.

Verlinghieri, E., & Schwanen, T. (2020). Transport and mobility justice: Evolving discussions. *Journal of Transport Geography*, 87, 102798.

Williams, B. and Lipman, T. (2010). “Strategy for Overcoming Cost Hurdles of Plug-In–Hybrid Battery in California: Integrating Post-Vehicle Secondary Use Values.” *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2191 (1): 59–66.

World Bank, 2020. *Lessons from Chile’s Experience with E-mobility: The Integration of E-Buses in Santiago*. © World Bank.