



NOTA TÉCNICA N° IDB-TN-2805

# Hacia una integración sostenible: el potencial de la electromovilidad en América Latina y el Caribe

Gabriel Michelena  
Patricia Iannuzzi  
Magdalena Barafani

Banco Interamericano de Desarrollo  
Instituto para la Integración de América Latina y el Caribe,  
INTAL.

Octubre 2023



# Hacia una integración sostenible: el potencial de la electromovilidad en América Latina y el Caribe

Gabriel Michelena  
Patricia Iannuzzi  
Magdalena Barafani

Banco Interamericano de Desarrollo  
Instituto para la Integración de América Latina y el Caribe, INTAL.

Octubre, 2023

**Catalogación en la fuente proporcionada por la  
Biblioteca Felipe Herrera del  
Banco Interamericano de Desarrollo**

Michelena, Gabriel.

Hacia una integración sostenible: el potencial de la electromovilidad en América Latina y el Caribe / Gabriel Michelena, Patricia Iannuzzi, Magdalena Barafani. p. cm. — (Nota técnica del BID; 2805)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Electric vehicles-Latin America. 2. Electric vehicles-Caribbean Area. 3. Sustainable transportation-Latin America. 4. Sustainable transportation - Caribbean Area. 5. Climate change mitigation-Latin America. 6. Climate change mitigation-Caribbean Area. I. Iannuzzi, Patricia. II. Barafani, Magdalena. III. Banco Interamericano de Desarrollo. Instituto para la Integración de América Latina y el Caribe. IV. Título. V. Serie. IDB-TN-2805

Palabras claves: vehículo eléctrico, movilidad eléctrica, exportación de bienes, mitigación del cambio climático, transporte sostenible, energía.

Códigos JEL: Q01, Q40, Q53, N76, L62, L94.

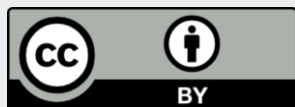
<http://www.iadb.org>

Copyright © 2023. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons CC BY 3.0 IGO (<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/igo/legalcode>). Se deberá cumplir los términos y condiciones señalados en el enlace URL y otorgar el respectivo reconocimiento al BID.

En alcance a la sección 8 de la licencia indicada, cualquier mediación relacionada con disputas que surjan bajo esta licencia será llevada a cabo de conformidad con el Reglamento de Mediación de la OMPI. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil (CNUDMI). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones que forman parte integral de esta licencia.

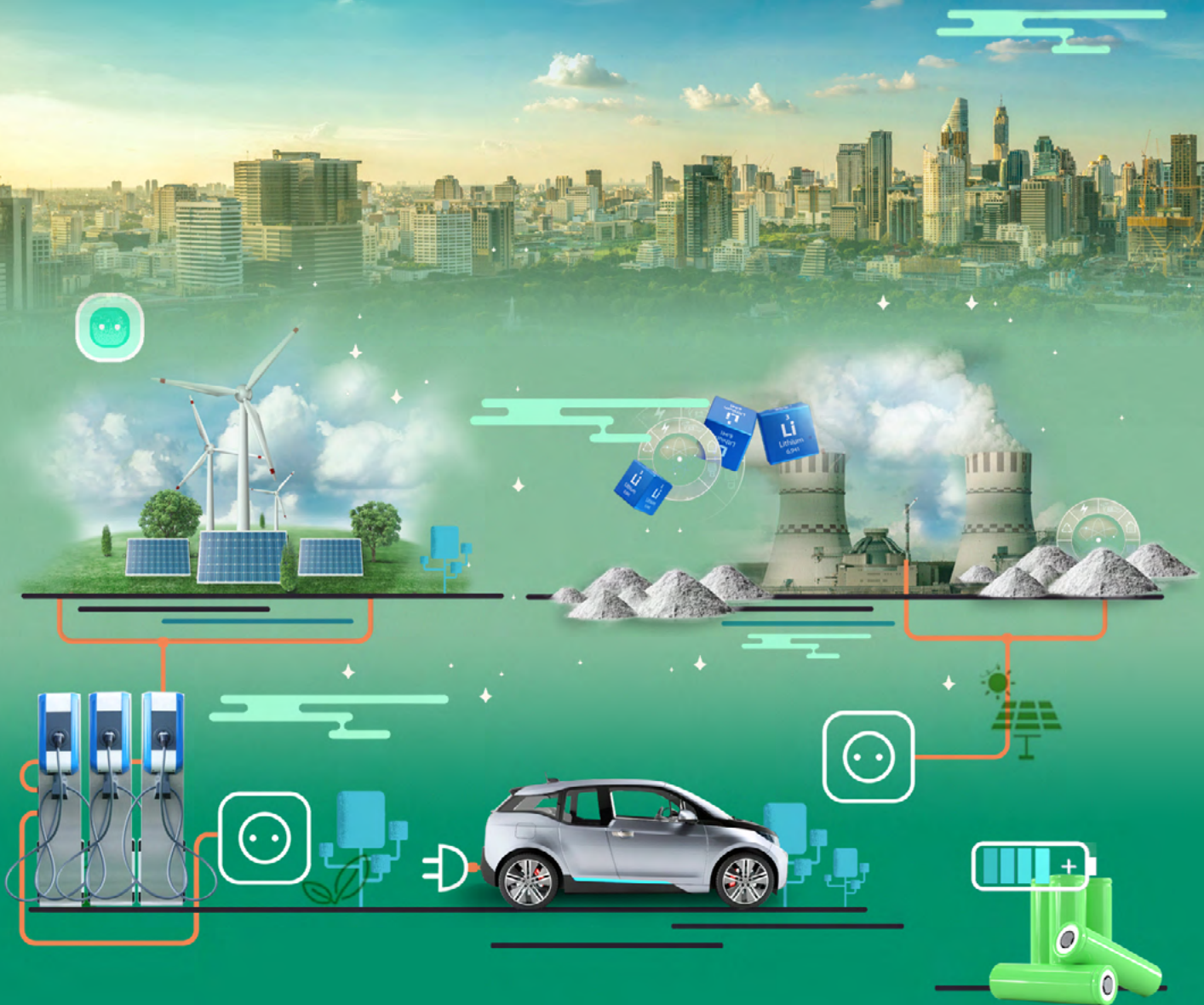
Las opiniones expresadas en esta obra son exclusivamente de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del BID, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



OCTUBRE 2023

# HACIA UNA INTEGRACIÓN SOSTENIBLE

EL POTENCIAL DE LA ELECTROMOVILIDAD EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE



Autores:  
Michelena, Gabriel  
Iannuzzi, Patricia  
Barafani, Magdalena



INTAL





# Abstract

Desde el Instituto para la Integración de América Latina y el Caribe (INTAL) del sector de Integración y Comercio (INT) del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) se llevó adelante este trabajo que identifica las oportunidades de integración productiva de América Latina y el Caribe en la cadena de valor de la electromovilidad. Principalmente se pone el foco en cinco países de la región: Brasil, Argentina, Chile, México y Colombia. Se analiza en qué medida se puede promover la integración productiva, las inversiones y las exportaciones regionales de vehículos eléctricos para el desarrollo sostenible de la movilidad eléctrica en la región. Asimismo, se reflexiona sobre las políticas públicas actuales que buscan promover la electromovilidad para avanzar en el desarrollo de los segmentos productivos identificados.

# ÍNDICE



|  |    |
|--|----|
| Prólogo  | 04 |
| Acrónimos  | 05 |
| 1 ● Principales hallazgos  | 07 |
| 2 ● Introducción   | 11 |
| 3 ● Emisiones de gas de efecto invernadero   | 16 |
| 4 ● Panorama global y regional de la cadena de electromovilidad  | 20 |
| i. Producción de vehículos eléctricos  | 20 |
| ii. La cadena global de valor de los vehículos eléctricos  | 26 |
| iii. Los incentivos económicos a la adopción de vehículos eléctricos   | 33 |
| 5 ● Metodología. Estimando la evolución del mercado de vehículos eléctricos en el mediano plazo                          | 37 |
| i. Introducción  | 37 |
| ii. El modelo CGE  | 39 |
| 6 ● Escenarios y resultados. Simulando los efectos de las políticas de incentivos a la industria de vehículos eléctricos | 47 |
| i. Resultados de las simulaciones  | 49 |
| 7 ● Políticas actuales para el fomento de la movilidad sostenible y la transición energética                             | 58 |
| 8 ● Conclusiones   | 68 |
| Referencias  | 73 |
| Anexo 1 ● Figuras adicionales  | 80 |
| Anexo 2 ● Descripción de regiones y sectores utilizados  | 81 |

## PRÓLOGO

En un mundo que enfrenta una crisis ambiental a escala global, la integración regional, pilar estratégico del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), se erige como un instrumento idóneo para potenciar el desarrollo sustentable de América Latina y el Caribe (ALC).

Por esta razón, desde el BID, impulsamos la implementación de políticas de integración regional al ofrecer a los países soluciones innovadoras para avanzar hacia economías más productivas, abiertas y conectadas con el mundo. Nuestros programas e investigaciones aplicadas en esta materia, incluyendo al comercio exterior e inversión extranjera, contribuyen a la disminución de los tres costos principales del comercio: logísticos, de información y regulatorios.

Para nosotros, la integración regional se manifiesta en dos dimensiones: el “hardware” y el “software”. El primero se refiere a los activos físicos que facilitan la conectividad entre países, como carreteras internacionales, líneas de transmisión de energía, gasoductos o infraestructura de telecomunicaciones que trascienden fronteras. Mientras que el “software”, alude a los marcos normativos y regulatorios, además del fortalecimiento institucional, pensado en facilitar la circulación fluida de bienes, servicios, capitales y personas a través de las fronteras.

Avanzar en la dirección correcta requiere de la generación de conocimiento y el seguimiento de las últimas tendencias comerciales antes de la formulación de políticas públicas en apoyo a la integración regional. En este sentido, la infraestructura para facilitar la electromovilidad emerge como un componente clave en la faceta del “hardware” debido a la necesidad de aumentar un parque automotor regional más limpio o cero emisiones. Y, para que esto suceda, es muy importante que la movilidad sostenible sea incorporada también al “software” de la integración.

Consecuentemente, es imperativo que los países colaboren en la promulgación de normativas comunes que faciliten la transición, como la disminución de aranceles para vehículos eléctricos, la convergencia regulatoria (tanto en homologación de requisitos técnicos para vehículos como para sus cargadores), la armonización de marcos regulatorios que fomenten la interoperabilidad de la infraestructura de carga, entre otras medidas.

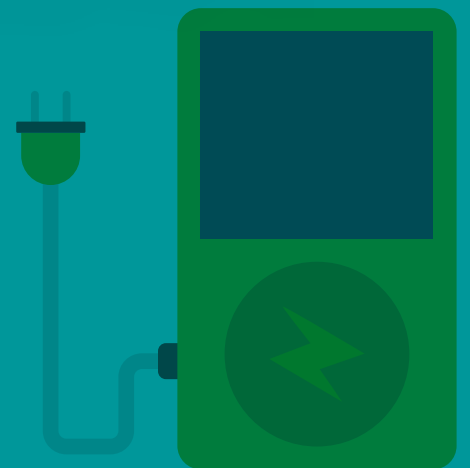
La transición hacia una movilidad más sostenible y respetuosa con el medio ambiente se ha convertido en un imperativo global. El impulso de la producción y el uso de la electromovilidad, al fomentar la adopción de vehículos eléctricos, desempeñan un papel significativo en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y en el avance hacia cadenas de valor más limpias.

Este estudio del Instituto para la Integración de América Latina y el Caribe (INTAL) del Sector de Integración y Comercio del BID hace foco en cinco países: Argentina, Brasil, Colombia, Chile y México. Ofrece un detallado análisis sobre cómo estos países pueden capitalizar su participación en la cadena de valor de vehículos eléctricos. Se evalúan políticas públicas vigentes diseñadas para impulsar la electromovilidad y se abordan aspectos como la promoción de exportaciones, la atracción de inversiones, el desarrollo sostenible, la internacionalización productiva y la competitividad, todo ello en el contexto de una economía global que se encamina hacia la descarbonización.

En una era en la que el cambio climático amenaza implacablemente a nuestro planeta y demanda respuestas inmediatas, este estudio ofrece una hoja de ruta hacia la movilidad sostenible, la reducción de emisiones y la transición del sector de transporte hacia una movilidad más eficiente y respetuosa con el entorno. Confío en que las conclusiones y recomendaciones presentadas aquí inspiren acciones concretas y colaborativas que nos encaminen hacia un futuro en nuestra región más prometedor para las generaciones venideras.

**Fabrizio Operti**

Gerente del Sector de Integración y Comercio  
Banco Interamericano de Desarrollo



# Acrónimos




|                     |  |
|---------------------|--|
| ACE                 | Acuerdo de Complementación Económica                           |
| ALADI               | Asociación Latinoamericana de Integración                      |
| ALC                 | América Latina y el Caribe                                     |
| ALCA                | Acuerdo de Libre Comercio de las Américas                      |
| BaU                 | Escenario Business as Usual                                    |
| BEV                 | Vehículos Eléctricos a Baterías                                |
| BMZ                 | Cooperación Económica y Desarrollo                             |
| BNDES               | Banco Nacional de Desarrollo Económico e Social                |
| CARICOM             | Comunidad del Caribe   |
| CCP                 | Clasificación Central de Productos                             |
| CDN                 | Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional                   |
| CEM                 | Ministerial de Energía Limpia                                  |
| CES                 | Elasticidad de sustitución constante                           |
| CET                 | Elasticidad de transformación constante                        |
| CFE                 | Comisión Federal de Electricidad                               |
| CGE                 | Computable General Equilibrium                                 |
| CIU                 | Clasificación Industrial Internacional Uniforme                |
| CKD                 | Completely Knocked Down  |
| CO <sub>2</sub>     | Dióxido de Carbono   |
| COP                 | Conferencia de Naciones Unidas sobre Cambio Climático          |
| EE.UU.              | Estados Unidos de América                                      |
| EPPA                | Emissions Prediction and Policy Analysis                       |
| ETS                 | Sistema de Comercio de Emisiones                               |
| EVI                 | Iniciativa de Vehículos Eléctricos                             |
| EVs                 | Vehículos Eléctricos   |
| FCEV                | Fuel Cell Electric Vehicle                                     |
| GCF                 | Fondo Verde para el Clima                                      |
| GEI                 | Gases de Efecto Invernadero                                    |
| GIZ                 | Cooperación Alemana para el Desarrollo Sostenible              |
| GTAP                | Proyecto de Análisis del Comercio Mundial                      |
| GtCO <sub>2</sub> e | Gigatoneladas de Dióxido de Carbono Equivalente                |
| GWh                 | Gigavatio-hora   |
| HEV                 | Vehículos Híbridos No Enchufables                              |
| ICMS                | Impuesto sobre la circulación de mercancías y servicios        |
| IEA                 | Agencia Internacional de Energía                               |
| IMF                 | International Monetary Fund                                    |
| INECC               | Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático              |
| IPCC                | Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático |
| IPI                 | Impuesto sobre Productos Industrializados                      |
| IPVA                | Impuesto sobre la Propiedad de Vehículos Automóviles           |
| IRA                 | Inflation Reduction Act  |
| kWh                 | Kilovatio hora   |
| LCE                 | Carbonato de Litio Equivalente                                 |
| MCCA                | Mercado Común Centroamericano                                  |
| MERCOSUR            | Mercado Común del Sur  |
| Mt                  | Millón de Toneladas  |
| MtCO <sub>2</sub>   | Millones de toneladas métricas de dióxido de carbono           |
| OCDE                | Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos    |
| p.p.                | Puntos Porcentuales  |
| PBI                 | Producto Bruto Interno   |
| PHEV                | Vehículos Híbridos Enchufables                                 |
| PNUMA               | Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente         |
| PROMOB-e            | Proyecto Sistemas Eficientes de Propulsión                     |
| RdM                 | Resto del Mundo  |
| SAM                 | Social Account Matrix  |
| SEMARNAT            | Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales              |
| Tns.                | Toneladas  |
| U.E.                | Unión Europea  |
| USGS                | United States Geological Survey                                |
| VAB                 | Valor Agregado Bruto   |
| VBP                 | Valor Bruto de la Producción                                   |
| WEO                 | Perspectivas de la Economía Mundial                            |
| YLB                 | Yacimientos de Litio Bolivianos                                |
| ZEV                 | Zero-Emission Vehicles   |



# 1. Principales hallazgos

## DÓNDE ESTAMOS EN TÉRMINOS DE EMISIONES, VENTAS Y COMERCIO DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

1 ● Las emisiones totales de CO<sub>2</sub>, el principal gas de efecto invernadero (GEI), han crecido en forma sostenida desde inicios de la Revolución Industrial (IPCC, 2023), alcanzando cerca de 39 GtCO<sub>2</sub>e hacia el año 2022. Sin embargo, la contribución a las emisiones totales varía según regiones, siendo los países de mayores ingresos y China (30% del total) los que mayor aporte hacen. Así, América Latina y el Caribe (ALC) representa sólo el 5% de las emisiones mundiales, donde Brasil y México son los principales emisores. En el resto del mundo se destacan la Unión Europea (U.E.), con el mayor aporte de alrededor del 8% de CO<sub>2</sub> en 2022, y las regiones de Asia Pacífico (20%) y Norteamérica (18%).



**2 ● En términos sectoriales, el transporte es una de las actividades que más emisiones de CO<sub>2</sub> desprende a la atmósfera (representa alrededor de un 23%), debido al uso intensivo de combustibles fósiles.** En la región de ALC, en países como Brasil y México las emisiones del sector del transporte superan el 40% del total, mientras que en otros países y regiones, como la Argentina y en la Comunidad del Caribe (CARICOM), no superan el 30%.

**3 ● Las ventas globales de vehículos eléctricos (EVs) crecen de manera exponencial. En el año 2022, el 14% de las ventas totales de automóviles correspondió a EVs y los stocks de este tipo de vehículos se incrementan año tras año en el mundo, principalmente en los tres grandes mercados de China, Europa y Estados Unidos (EE.UU.). En ALC, en términos absolutos, el volumen se mantiene limitado pese al crecimiento de los últimos años.** En 2022, el 60% de las ventas mundiales de EVs se realizaron en China; el 26% en Europa, y el 10% en EE.UU. En tanto, ALC registró ventas que representaron alrededor del 0,45% del total mundial. Sin embargo, el sector comienza a mostrar fuertes signos de dinamismo en la región, siendo Chile uno de los países donde la venta de EVs creció a tasas anuales (+163%) por encima del promedio mundial (+57%). Brasil y México, por su parte, se expandieron al 33% y 29% anual, respectivamente. Si bien son cifras menores a la media global, se encuentran igualmente por encima de las tasas promedio a las que creció Europa en 2022 (+14%).

**4 ● ALC se destaca en el primer eslabón de la cadena de electromovilidad, relacionado con la extracción de minerales, donde tiene una participación significativa del mercado.** Por ejemplo, en litio se destacan Chile (30%), la Argentina (5%) y Brasil (2%); en cobre, Chile (15%), México (3%) y Perú (5%), y en Brasil sobresalen el grafito (7%) y el níquel (3%). En la distribución de la cadena de producción global, China no sólo concentra la fabricación y venta de EVs, sino también la capacidad de producción de baterías (con cerca del 80% del total) y de algunos minerales (sobre todo grafito y aluminio, y -en menor medida- cobre y litio).

**5 ● En materia de comercio internacional, la región de ALC es importadora neta de EVs con sólo dos excepciones: Brasil, que es exportador neto por US\$ 179 millones sólo en el segmento de vehículos híbridos no enchufables (HEV), y México que también es exportador neto, únicamente en vehículos híbridos enchufables (PHEV) y por un monto poco significativo (US\$ 1 millón).** A nivel global, el comercio internacional de EVs lo protagoniza la U.E., EE.UU., Reino Unido y Japón. En términos de montos transados en 2021, se destaca la U.E., que es exportador neto por US\$ 11.500 millones y EE.UU., que es importador neto por US\$ 6.000 millones.

## ¿HACIA DÓNDE VAMOS? PROYECCIONES HACIA 2030

**1 ● Hacia 2030, las estimaciones proyectadas muestran un crecimiento de las ventas globales, que varía su intensidad de acuerdo con los cuatro escenarios estipulados que presentan distintos grados de incentivos al sector de EVs (desarrollados en el capítulo 6).** En el escenario base -en el cual los países no asumen compromisos de adaptación y mitigación al cambio climático- se proyecta un total de 14 millones de EVs vendidos hacia 2030. En un escenario optimista, en el cual los países aplican de manera significativa incentivos para estimular la adopción acelerada de EVs, las ventas mundiales alcanzarían unas 33 millones de unidades demandadas, un 145% superior al escenario base. El escenario moderado, que también supone los mismos incentivos pero con una intensidad menor, arroja 21 millones de unidades, lo que representa un incremento del 55% respecto a la línea base.

**2 ● En el escenario optimista, si bien China, Europa y Norteamérica mantienen el liderazgo en las ventas mundiales de EVs, ALC gana participación en el total.** En 2030, China concentraría más del 26% de las ventas globales, seguida por la U.E. (25%) y Norteamérica (17%). En tanto, ALC aumentaría su participación al 4%, donde se destacan Brasil (0,7%), México (1%), Colombia (0,2%), la Argentina (0,3%) y Chile (0,4%). Estos resultados estarían motorizados por la combinación de distintos factores, entre los que se destacan una caída progresiva en el costo de los EVs y la utilización de incentivos a la demanda, con el objetivo de reducir la brecha actual de precios con los autos a combustión interna. En la actualidad, dada la diferencia en el precio de venta del vehículo, la eficiencia y el costo diferencial en la energía utilizada, se necesitan alrededor de 13 años de uso para que un comprador de un auto eléctrico compense el diferencial de precios.

**3 ● En todos los escenarios simulados, las ventas en ALC aumentarían, aunque con intensidad variada.** En el escenario optimista, se destacan México y Brasil (con alrededor de 350.000 y 250.000 unidades vendidas de EVs, respectivamente), y en menor medida, Chile, la Argentina y Colombia (con 145.000, 90.000 y 77.000, respectivamente). El resto de Sudamérica sumaría ventas por 200.000 vehículos, Centroamérica por 90.000 y CARICOM por 45.000. En tanto, en el escenario moderado las cifras serían menores (alrededor de 200.000 en México, 145.000 en Brasil, 50.000 en Chile, 40.000 en la Argentina y 35.000 en Colombia). Por su parte, el escenario que prevé impuestos al carbono muestra un resultado no tan alejado del escenario base (alrededor de 115.000 en México, 92.000 en Brasil, 27.000 en Chile, 24.000 en la Argentina y 20.000 en Colombia).

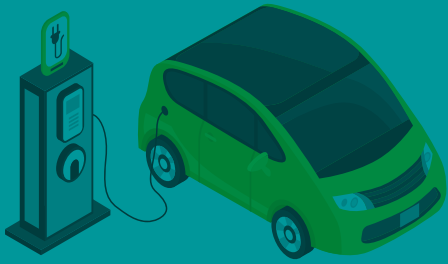
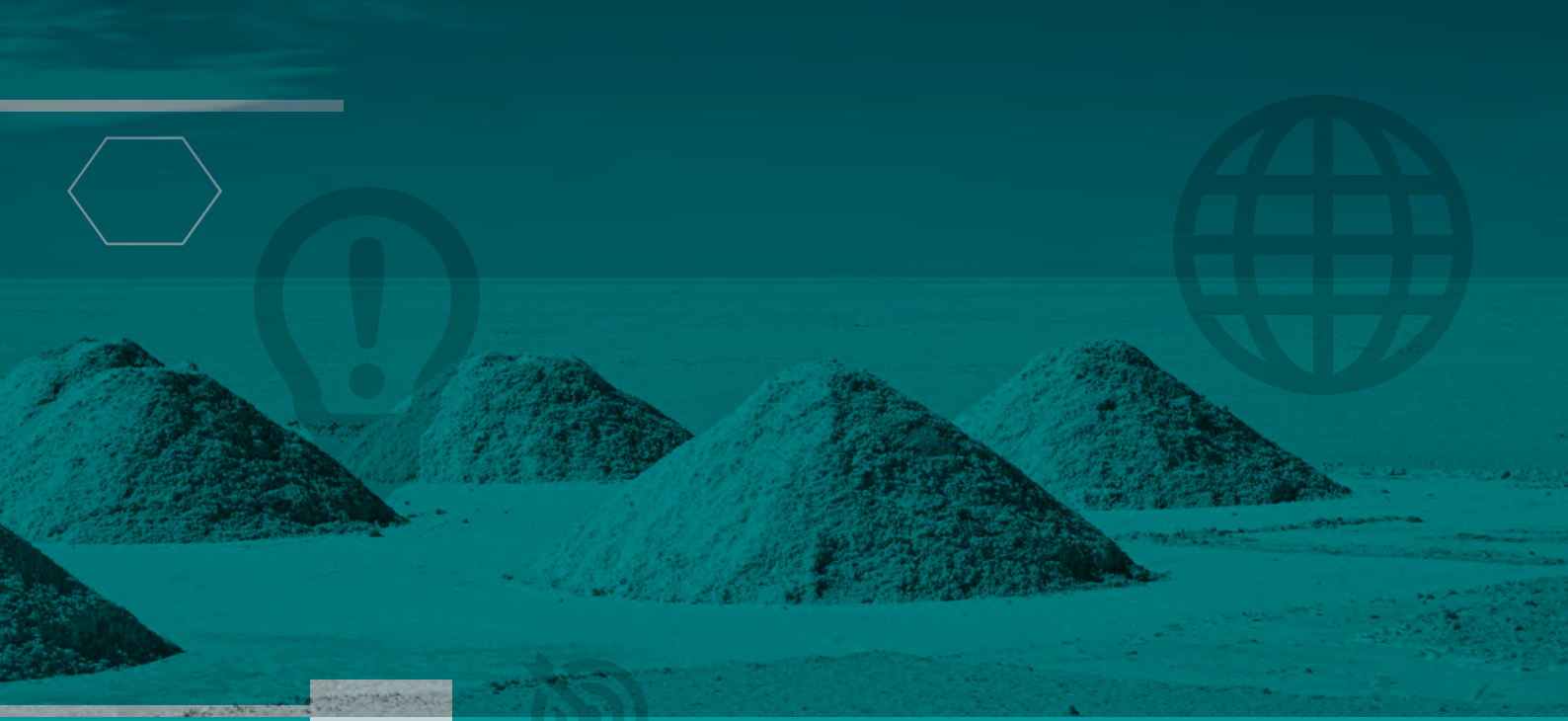
**4 ● Hacia 2030, de acuerdo con el escenario optimista, México protagonizaría el mayor dinamismo en términos de comercio internacional de EVs, sin contabilizar híbridos no enchufables, en la región.** Según lo proyectado, México alcanzaría US\$ 1 mil millones en exportaciones de EVs en 2030; le siguen Brasil, con un monto exportado de US\$ 350 millones; la Argentina y Centroamérica, con US\$ 90 millones en cada caso, y en menor medida Chile, Colombia, CARICOM y el resto de Sudamérica (con US\$ 70 millones). En lo que respecta a las importaciones, México se establecería como líder, con US\$ 5.000 millones para 2030; luego se encuentran Chile (US\$ 3.000 millones), Brasil (US\$ 2.500 millones), la Argentina (US\$ 1.600 millones) y Colombia (US\$ 1.500 millones). El resto de Sudamérica, Centroamérica y CARICOM registrarían importaciones por US\$ 3.000 millones, US\$ 1.700 millones y US\$ 850 millones, respectivamente.

**5 ● Adoptar medidas e incentivos para fomentar la producción y el comercio de EVs permitiría reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>.** Hacia 2030, todos los países y subregiones de ALC generarían menos emisiones de CO<sub>2</sub> con respecto al escenario en el cual no se toman medidas de adaptación o mitigación (escenario base). En el escenario optimista, Colombia registraría una caída de 5% frente al escenario base; Chile una disminución de casi 4%; México de 3,5%; Brasil de 1,5%, y la Argentina alrededor de 0,5%. El mayor ahorro se observaría en los países del resto de Sudamérica (con 9% de baja) y CARICOM (alrededor de 7%), y el menor en los de Centroamérica (inferior a 0,1%).

**6 ● Hacia 2030, los escenarios que plantean esfuerzos para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> generarían oportunidades de empleo ante la mayor producción de EVs y el abastecimiento a los eslabones de insumos como son la extracción de minerales y la fabricación de baterías.** En el escenario optimista, la extracción de minerales crearía unos 25.000 nuevos puestos de trabajo en la región, mientras que la fabricación de baterías y de EVs generarían unos 75.000 y 660.000 empleos, respectivamente.

**7 ● Con respecto a las inversiones que el sector de EVs recibiría, China concentraría el mayor monto.** Con unos US\$ 265.000 millones acumulados entre 2018 y 2030 (37% del total), China lideraría el ranking, seguida por la U.E. (US\$ 220.000 millones y 31% del total invertido), Norteamérica (US\$ 130.000 millones y 18%) y Asia Pacífico (sin considerar a China), con US\$ 60.000 millones y 8% del total global). En tanto, ALC percibiría una inversión comparativamente menor (US\$ 12.000 millones; 2%), y el resto del mundo unos US\$ 28.000 millones.

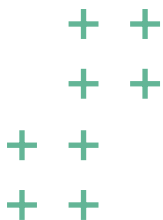
**8 ● Los hallazgos enumerados exhiben el potencial de la electromovilidad para contribuir a la descarbonización del sector de transporte, a las ventas y al comercio del sector automotriz, a generar empleo y al impulso de las inversiones en la región.** No obstante, como demuestran los resultados obtenidos en el escenario optimista, para maximizar las oportunidades es necesario que los países apliquen políticas específicas para el sector y sigan trabajando en la remoción de barreras al comercio de vehículos y sus componentes. El diseño de las estrategias de electromovilidad debe tener en cuenta las especificidades de cada país, la disponibilidad de recursos estratégicos a lo largo de toda la cadena, así como las capacidades previamente acumuladas en su industria automotriz, con el objetivo de garantizar la efectividad en la transición hacia una movilidad más sostenible. Entre las herramientas que los países tienen a su disposición se encuentran: 1) incorporar políticas de fomento a la producción regional de EVs, evitando utilizar medidas distorsivas o transferencias directas a los productores; 2) utilizar la política comercial para promover la libre circulación de insumos intermedios de calidad, sin trabas y a un precio competitivo; 3) incentivos a la demanda en una etapa inicial; 4) mejora de la infraestructura eléctrica; y 5) gestión y reciclado de las baterías y de otros materiales al final de la vida útil del vehículo. En este marco, desde el BID se apoyan y financian proyectos tanto públicos como privados que impulsan la transformación gradual en la región hacia los vehículos cero emisiones, promoviendo un futuro más limpio y sostenible para todos.



2.

# Introducción

El mundo se encuentra en medio de una crisis ambiental que presenta grandes desafíos hacia adelante. De acuerdo con los informes más recientes del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por su sigla en inglés), las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) deberán reducirse en las próximas décadas en un rango del 30% al 50% para evitar que el aumento de la temperatura global supere los 1,5°C. Actualmente, se presencian manifestaciones tangibles de este impacto medioambiental a través de fenómenos como olas de calor intensificadas, el retroceso de los casquetes polares y la elevación de la temperatura de los océanos. Esto último ha generado un incremento en la incidencia de desastres naturales como inundaciones, sequías, huracanes y otros eventos climáticos extremos (IPCC, 2023).



Bajo este panorama, las repercusiones del cambio climático y el calentamiento global demandan una transformación radical en la agenda de desarrollo económico a nivel mundial. Con la adopción del Acuerdo de París en 2015<sup>1</sup>, un total de 195 países asumieron compromisos jurídicamente vinculantes para iniciar una reestructuración de sus sistemas productivos con el objetivo de mitigar las emisiones de GEI. Actualmente, la estrategia central consiste en disminuir de manera drástica las emisiones de GEI para el 2030, y en establecer como meta el logro de un balance neto de cero de emisiones para el año 2050<sup>2</sup>.

A nivel sectorial, la energía eléctrica y el transporte son dos de los mayores contribuyentes a las emisiones de CO<sub>2</sub>, fundamentalmente a través del uso de combustibles fósiles<sup>3</sup>. De este modo, son actividades cruciales para impulsar un proceso ambicioso de descarbonización en las próximas décadas. Actualmente, la producción de energía eléctrica, que todavía se realiza mayormente a través de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas, es responsable del 40% de las emisiones de GEI a escala global. Por otro lado, el sector del transporte genera el 23% de dichas emisiones, siendo los vehículos livianos -que dependen de los combustibles fósiles- los principales contribuyentes (GTAP, 2022). Las emisiones del sector transporte han experimentado un crecimiento sostenido en las últimas dos décadas, y solo se registraron reducciones en dos años atípicos: en 2008, durante la crisis financiera internacional, y en 2020, durante la crisis de la pandemia de COVID-19. A lo largo de este periodo, las emisiones de este sector se han incrementado en un 32%, lo que equivale a un aumento anual de 1,35% (IEA, 2022.b).

Para mitigar los efectos negativos del cambio climático los países han comenzado a desplegar distintas políticas con el objetivo de reducir las emisiones en estos dos sectores clave de la economía. En el caso de la electricidad, gran parte de los esfuerzos se encuentran concentrados en el impulso a las fuentes renovables no convencionales, como la energía solar y eólica; y en la eliminación progresiva del carbón como insumo en la generación de energía térmica (Chen et al., 2020). Las políticas están generalmente concentradas en la utilización de subsidios a las energías limpias, aunque adicionalmente algunos países han comenzado progresivamente a implementar esquemas de impuestos a las emisiones<sup>4</sup>. Uno de los casos más avanzados es el de la U.E., ya que cuenta con un Sistema de Comercio de Emisiones<sup>5</sup> (ETS, por su sigla en inglés) desde el año 2005, donde las emisiones directas de CO<sub>2</sub> generadas por ciertos sectores industriales y la generación de electricidad tienen un precio determinado.

En el caso del sector de transporte los esfuerzos son más recientes y han comenzado a tomar velocidad en los últimos años. El nuevo paradigma tecnológico de transformación de la industria automotriz consiste en el desarrollo de EVs que no dependen intensivamente del consumo de combustibles fósiles para su funcionamiento.

1 · "Acuerdo de París". ONU — Organización de Naciones Unidas. Accedido el 12.09.2023. <https://www.un.org/es/climatechange/paris-agreement>

2 · "Acción por el Clima". ONU — Organización de Naciones Unidas. Accedido el 12.09.2023.

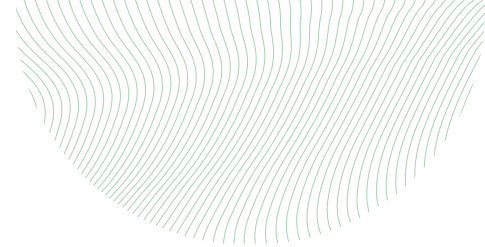
<https://www.un.org/es/climatechange/net-zero-coalition>

3 · Solamente se consideran emisiones de CO<sub>2</sub> (no la del resto de los gases GEI, ej: Metano). Se incluyen en la categoría transporte las emisiones de todos los tipos: carretera, marítima y aérea. Se incluyen también las emisiones generadas en la fabricación de los vehículos y el resto del equipo de transporte, así como en su uso, incluyendo el que realizan los hogares.

4 · Algunos países de la región como la Argentina, Chile, Colombia y México se encuentran aplicando actualmente algún tipo de impuesto al carbono (USD 3-10 x tCO<sub>2</sub>).

5 · "Régimen de comercio de derechos de emisión de la UE (RCDE UE)". Climate Action. Accedido el 20.07.2023.

[https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets\\_es](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_es)



En efecto, la cantidad de emisiones de los EVs está principalmente ligada a las emisiones que en promedio se liberan en el proceso de generación de electricidad. Así, la contribución de los EVs a la mitigación de los GEI puede variar dependiendo de la composición de la matriz energética del país. Sin embargo, es esperable que los EVs tiendan a contribuir progresivamente a reducir las emisiones en línea con la adopción progresiva de fuentes limpias en el sector eléctrico.

El mercado mundial de EVs viene creciendo en forma exponencial en los últimos años. En 2022 se vendieron casi 10,2 millones de EVs en todo el mundo, lo que representa alrededor del 14% de las ventas totales de vehículos (IEA, 2023.b). Para tener una idea de la velocidad a la cual se mueve el mercado de EVs, vale resaltar que hace tan solo 10 años atrás, la participación era cercana al 0,2%.

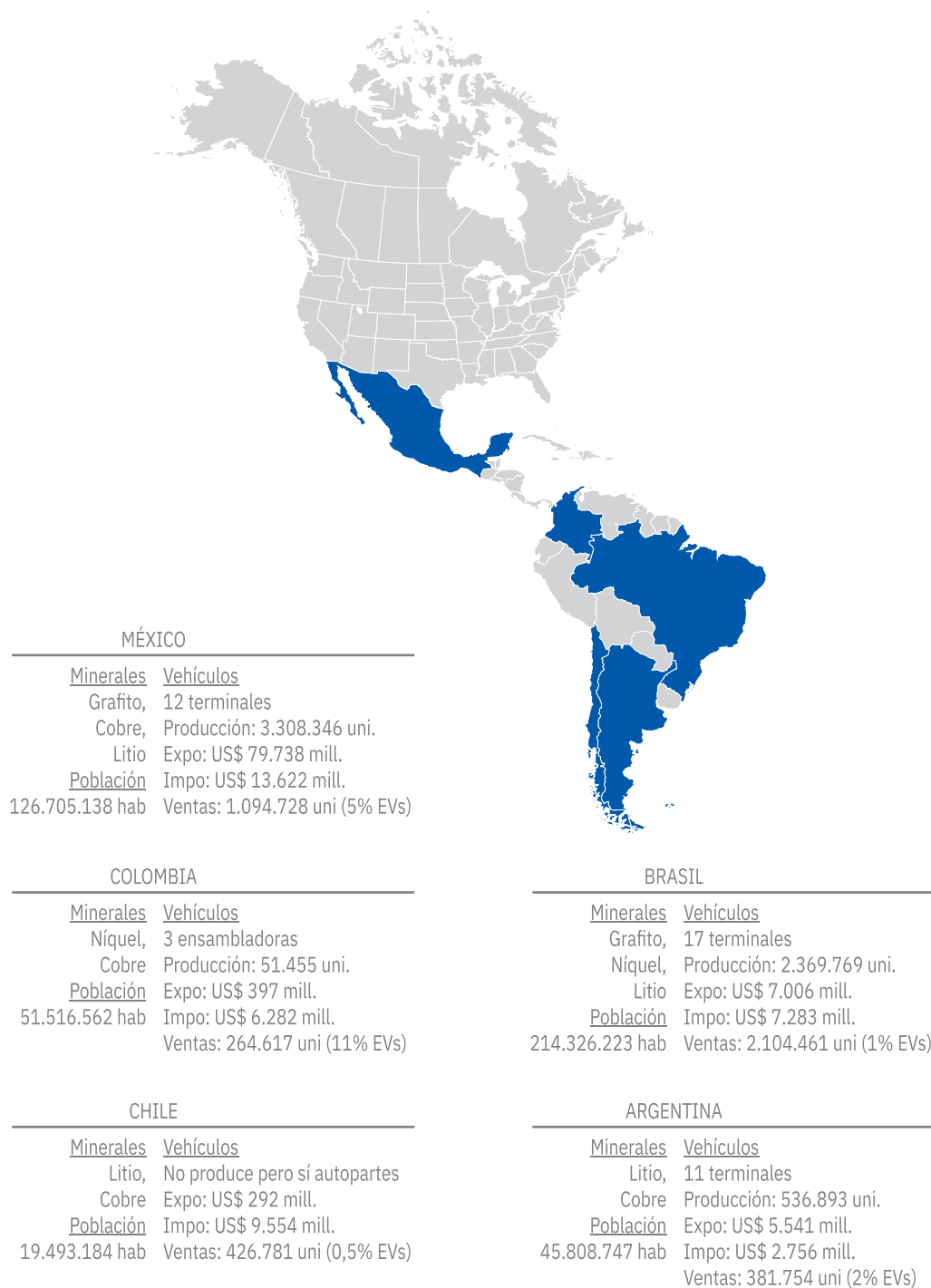
En este sentido, en los últimos años varios países de ingresos elevados comenzaron a realizar esfuerzos, diseñar e implementar estrategias vinculadas a diversas políticas de oferta y demanda orientadas al desarrollo y difusión de la electromovilidad en todos sus eslabones y variantes. Se calcula que en 2021 los subsidios a los EVs totalizaron unos US\$ 30 mil millones, aunque el monto subsidiado por unidad de producto continúa en descenso (IEA, 2022.a). Las iniciativas no son exclusivas de los sectores públicos sino que también las propias empresas multinacionales llevan adelante estrategias comerciales. En ALC, si bien varios países se encuentran realizando esfuerzos y tomando medidas al respecto, las políticas vinculadas a la electromovilidad y el panorama actual de la producción y mercados de EVs, distan de establecerse en una situación avanzada (Baruj et al., 2021).

En este contexto, el trabajo se propone identificar los nichos estratégicos vinculados a la cadena de valor de la electromovilidad -desde la extracción de los minerales necesarios hasta la fabricación de vehículos- que ALC puede aprovechar. La región tiene oportunidades en términos de producción, inversión y exportaciones, las cuales están enmarcadas en un proceso de transición energética que permite alcanzar una matriz económica más limpia en términos de emisiones de carbono. Adicionalmente, el trabajo se propone analizar en qué medida el cambio estructural en la industria automotriz puede contribuir a la reducción de emisiones comprometidas por los países de la región en el Acuerdo de París. Asimismo, se reflexionará sobre las políticas públicas actuales que buscan promover la electromovilidad para avanzar en el desarrollo de los segmentos productivos identificados.

Este estudio pone el foco en cinco países de la región: Brasil, Argentina, Chile, México y Colombia. Estos países fueron seleccionados por diversas razones estratégicas (Figura 1). En primer lugar, varios de ellos son actores relevantes en la producción de vehículos de combustión interna en ALC, con una fuerte infraestructura industrial y una vasta experiencia en el sector automotriz. Este factor les ofrece una base sólida para la posible transición a la fabricación de EVs. En segundo lugar, algunos países, como es el caso de Chile, la Argentina y Brasil, presentan una posición clave en la cadena de suministro del litio y otros minerales necesarios para la fabricación de baterías de EVs, con Chile como uno de los principales productores mundiales de litio. Esta ventaja estratégica puede facilitar el desarrollo de una industria de EVs integrada y sostenible en la región.



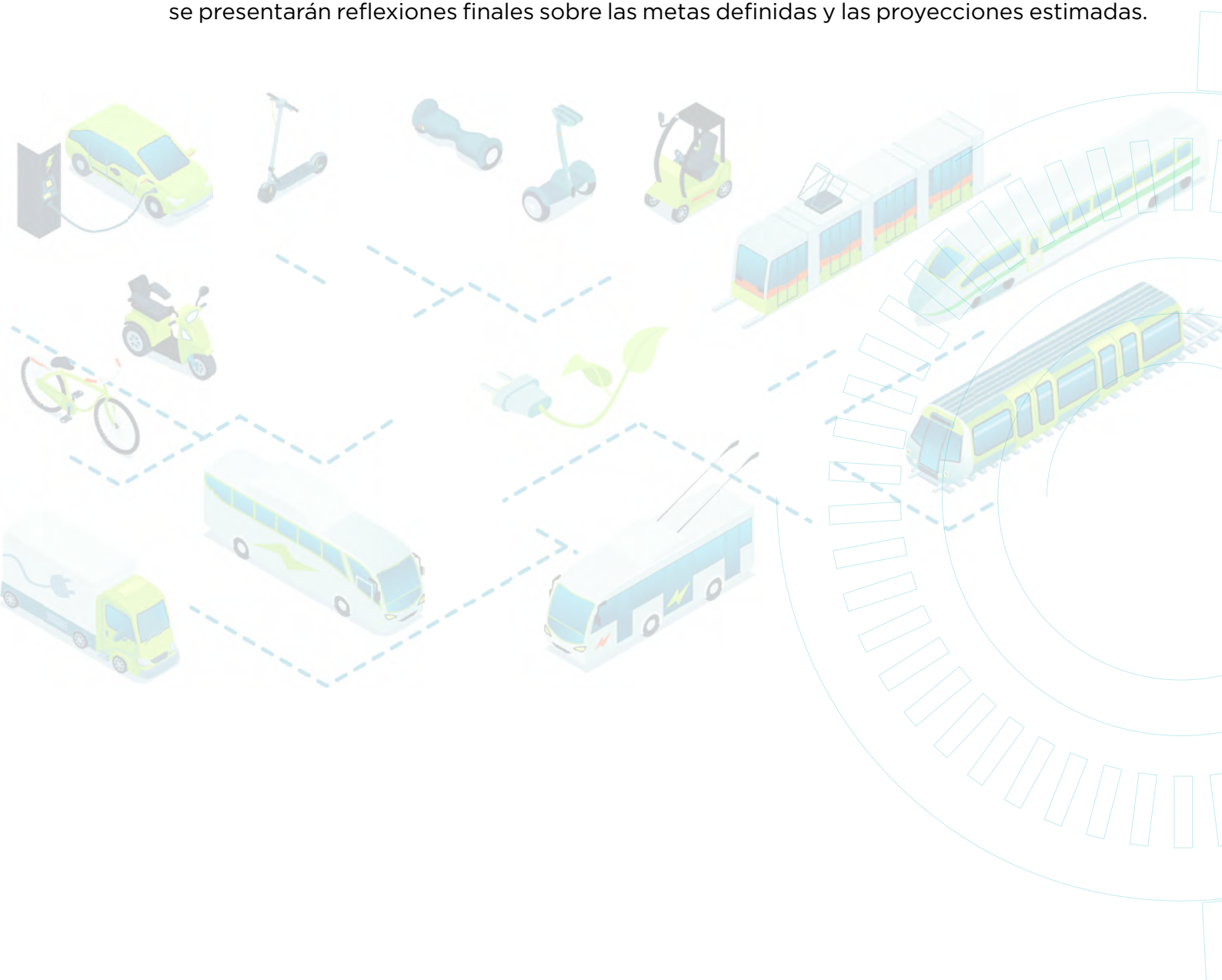
Figura 1: Países de la región seleccionados. Principales indicadores (2022)



Fuente: Elaboración propia en base a Organización Internacional de Constructores de Automóviles (OICA), United Nations Comtrade Database (COMTRADE), Asociación de Concesionarios de Automotores de la R.A. (ACARA), Asociación de Fabricantes de Automotores (ADEFA), Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA), Asociación Nacional de Movilidad Sostenible (ANDEMOS), Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI), Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA), Proyecto de Análisis del Comercio Mundial (GTAP), United States Geological Survey (USGS) y fuentes nacionales de estadísticas de comercio exterior.

NOTA: Todas las cifras son para el año 2022. Para el porcentaje de EVs sobre el total de ventas de vehículos, se consideran la suma de BEV, PHEV y HEV.

El estudio se organiza de la siguiente manera. En la próxima sección se resume el estado de situación sobre las emisiones globales y regionales de GEI. A continuación, se brinda un panorama a nivel mundial de la cadena de electromovilidad y se describe cómo es el posicionamiento de la región en la misma. En las siguientes secciones, se realiza un ejercicio cuantitativo en el cual se proyecta al año 2030 un aumento en la cantidad de EVs demandados a nivel global con su consecuente impacto en los distintos eslabones de producción de la cadena, las exportaciones, el empleo y las inversiones asociadas, teniendo en consideración el ahorro potencial en términos de emisiones de GEI. En este punto se focaliza en algunos países de ALC para comprender efectos individualizados. Posteriormente, se realiza un repaso de las principales políticas públicas que están en marcha en los países seleccionados sobre el campo de la movilidad sostenible. Finalmente, se presentarán reflexiones finales sobre las metas definidas y las proyecciones estimadas.





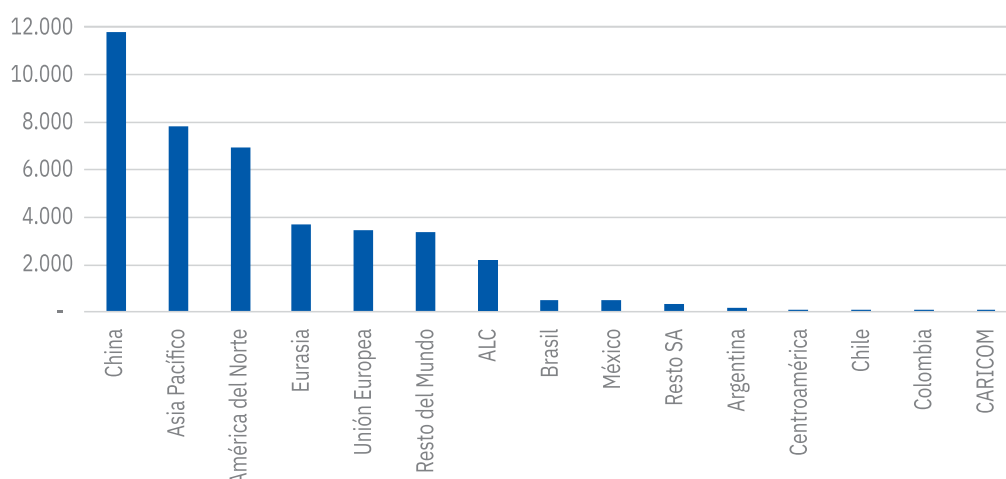
3.

# Emisiones de gas de efecto invernadero

Las consecuencias que atraviesa el planeta en materia de cambio climático y calentamiento global exigen un cambio en la agenda de desarrollo económico a nivel global (IPCC, 2023). Con la suscripción del Acuerdo de París de 2015, firmado por 195 países, los gobiernos comenzaron a promover transformaciones en las estructuras productivas con el objetivo de contribuir a la reducción de las emisiones de GEI. En la actualidad, los esfuerzos consisten en reducir drásticamente las emisiones hacia el año 2030, y en intentar alcanzar el objetivo de emisiones neutras para el año 2050 (IEA, 2021.c).

En el marco global de las emisiones de CO<sub>2</sub>, las distintas regiones y países presentan contribuciones variadas. En términos absolutos, China lidera el listado con aproximadamente 11.800 millones de toneladas (Mt) de CO<sub>2</sub>, seguida por la región de Asia Pacífico y Norteamérica, con 7.800 y 6.900 Mt, respectivamente (Figura 2). Eurasia y la U.E. también presentan cifras significativas, con 3.700 y 3.400 Mt cada una. Por otro lado, en ALC, Brasil y México son los principales emisores, con 540 y 490 Mt de CO<sub>2</sub>, seguidos por la Argentina, con 220 Mt. El resto de Sudamérica, Centroamérica, Chile y Colombia también contribuyen a este fenómeno, con 370, 145, 100 y 97 Mt, respectivamente. Además, los países que conforman la CARICOM representan 90 Mt.

Figura 2. Emisiones mundiales por país o región de origen (MtCO<sub>2</sub>, 2022)

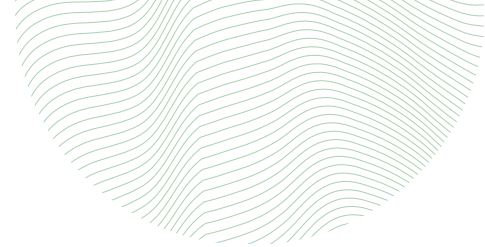


Fuente: Elaboración propia en base a datos de GTAP.

Nota: Asia Pacífico comprende Australia, Brunéi, Hong Kong, Indonesia, Japón, Camboya, Rep. Corea, Mongolia, Malasia, Nueva Zelanda, Filipinas, Singapur, Tailandia, Taiwán, Vietnam, Bangladesh, India, Sri Lanka, Nepal y Pakistán; Centroamérica comprende Puerto Rico, Costa Rica, Rep. Dominicana, Guatemala, Panamá, Honduras, Nicaragua y El Salvador; CARICOM comprende Jamaica, Trinidad y Tobago, Resto de Centroamérica y Caribe; Eurasia comprende Armenia, Azerbaiyán, Bielorrusia, Suiza, Reino Unido, Georgia, Kazajstán, Kirguistán, Noruega, Rusia, Turquía y Ucrania; Norteamérica comprende EE.UU. y Canadá; Resto de Sudamérica (SA) comprende Bolivia, Ecuador, Perú, Paraguay, Uruguay, Venezuela y otros países de la subregión.

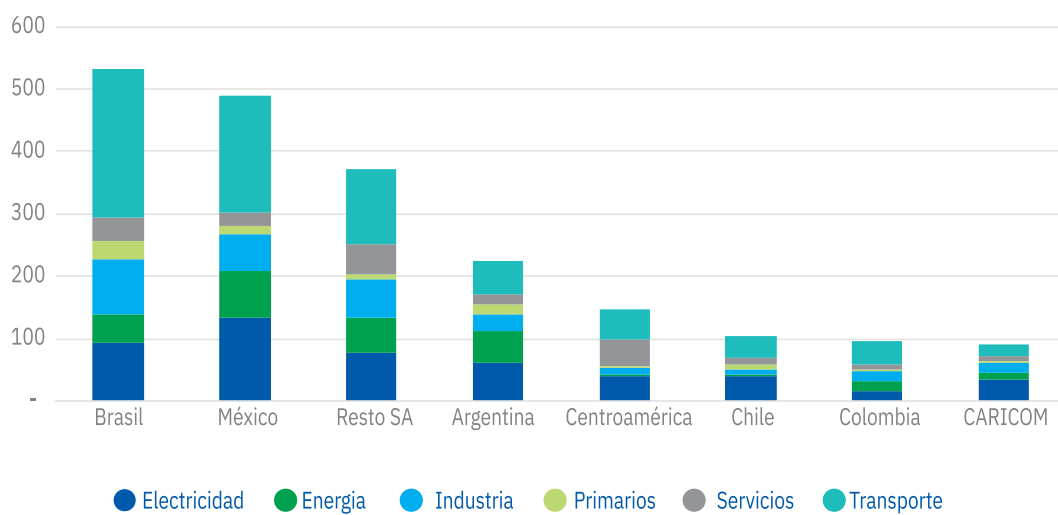
Nota: Estos valores pueden no coincidir exactamente con las cifras oficiales, ya que fueron estimadas por el modelo desarrollado en el documento, a partir de los datos observados en el año base 2014.

Si se estudian las emisiones por sector, se observa que la energía eléctrica y el transporte son los que mayor cantidad de emisiones generan en forma directa mediante el consumo de combustibles fósiles. Por lo tanto, son actividades fundamentales a la hora de emprender el proceso de descarbonización actual de las economías. Actualmente, la electricidad –que en el mundo sigue produciéndose mayormente por medio de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas– explica el 24% de las emisiones de GEI a nivel regional (Figura 3), mientras que el transporte da cuenta del 36%, lo cual se explica principalmente por los vehículos de transporte por carreteras, que utilizan



principalmente combustibles fósiles para su funcionamiento. No obstante, estos números varían por país y región. En algunos casos a nivel regional, como en Brasil y México, las emisiones del sector del transporte superan el 40% del total, mientras que en otros, como en la Argentina y CARICOM, no superan el 30%.

Figura 3. Emisiones mundiales por sectores de origen (MtCO<sub>2</sub>, 2022)



Fuente: Elaboración propia en base a datos de GTAP (2022).

Nota: En este gráfico, el sector transporte incorpora la producción de vehículos y equipo de transporte, así como su uso, incluyendo al transporte terrestre, aéreo y marítimo, y las emisiones generadas por los hogares que utilizan autos particulares.

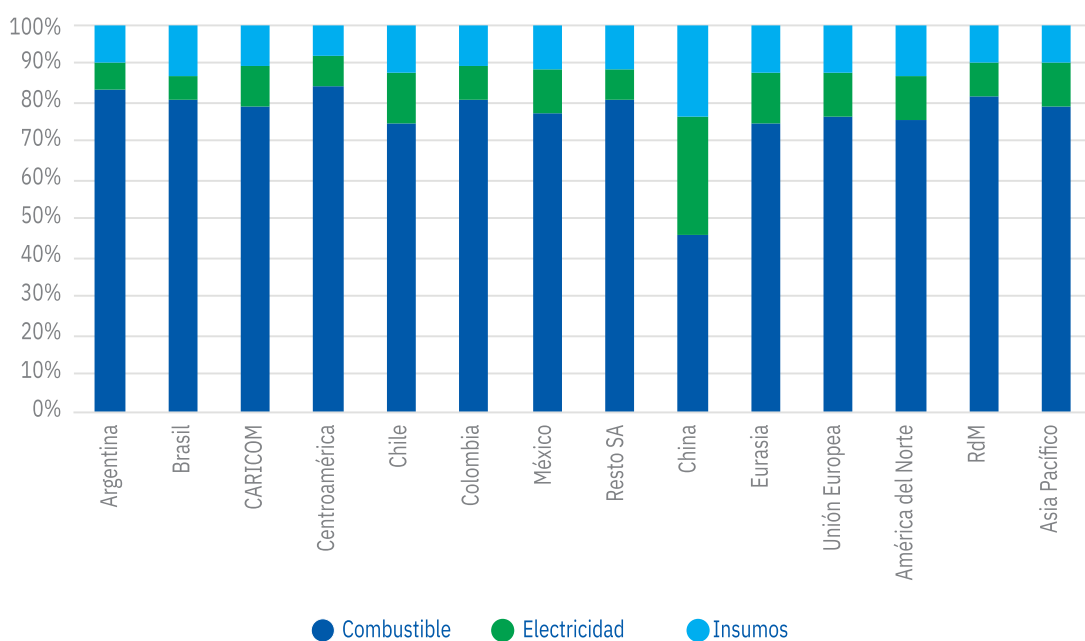
Las emisiones del transporte han crecido sostenidamente en los últimos 20 años, mostrando una baja solamente en dos años excepcionales: en 2008, por la crisis financiera internacional, y en 2020, cuando irrumpió la pandemia de COVID-19. Durante este período las emisiones de todo el sector de transporte crecieron un 32%, equivalentes a un incremento anual del 1,35% (IEA, 2022.b). La transición energética está en el centro de las estrategias para lograr los objetivos de emisiones netas cero hacia 2050. En particular, en ALC la electricidad tiende a ser más limpia y la participación de los usos energéticos en las emisiones totales es menor que en el resto del mundo. Además, existen grandes incentivos para aprovechar la disponibilidad de los recursos renovables de la región para disminuir las emisiones (Carvajal Ledesma, Hallak y Snyder, 2021)<sup>6</sup>. Al respecto, la electrificación del transporte puede jugar un rol importante dado que es uno de los sectores que más emisiones generan.

Si bien las cifras difieren por país, las estimaciones realizadas, en base a GTAP, arrojan que aproximadamente un 40% de las emisiones del sector de transporte corresponden a la fabricación y uso de los vehículos particulares. Al analizar las emisiones que genera el sector automotor, considerando en forma total a la producción y el uso de los vehículos, se observa cómo el consumo de combustible tiene un rol preponderante en la

6 · Blog "¿Estamos disminuyendo las emisiones de energía en América Latina y el Caribe?" Accedido el 12.09.2023. <https://blogs.iadb.org/energia/es/diminucion-emisiones-de-energia-en-america-latina-y-el-caribe/#comments>

generación de emisiones (Figura 4). En la mayoría de los países analizados esta cifra es cercana al 80%, con excepción de China, donde el consumo de electricidad empleado en la producción es altamente contaminante debido al fuerte uso del carbón como fuente de energía. En forma residual, el resto de los insumos materiales y servicios utilizados, sumado a la demanda de transporte y comercialización, explica el 10% restante.

Figura 4. Emisiones generadas en la cadena del sector automotriz (fabricación y uso) por país (MtCO<sub>2</sub>, 2022)



Fuente: Elaboración propia en base a datos de GTAP (2022).

Nota: Resto del mundo (RdM).



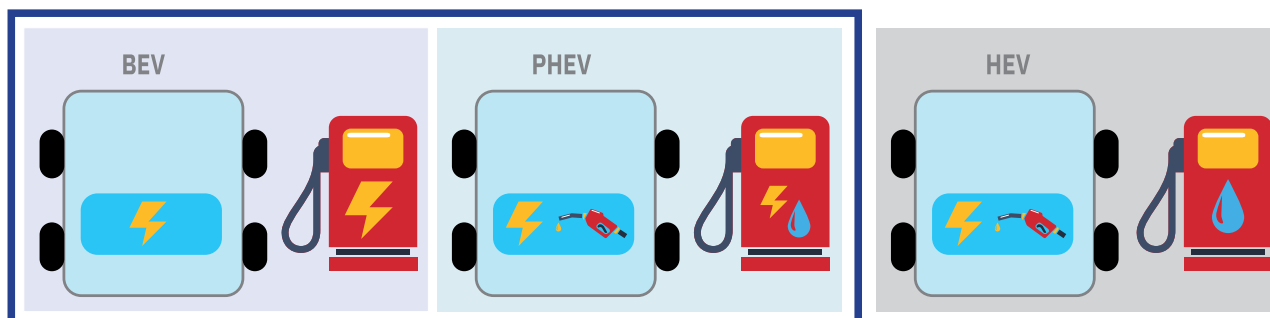


# 4. Panorama global y regional de la cadena de electromovilidad

## I · PRODUCCIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Habitualmente, el término “autos eléctricos” es utilizado en forma amplia, pero en los hechos existen diversos tipos de EVs (Figura 5). Una primera diferencia dentro de esta categoría de vehículos reside en la utilización de baterías recargables o en el empleo de hidrógeno a pila de combustible (*fuel cell electric vehicle*, FCEV), que generan electricidad mediante la reacción entre el oxígeno y el hidrógeno. Luego, dentro de los vehículos que usan baterías, existe una diferencia principal entre aquellos que son 100% eléctricos (denominados *battery electric vehicle*, BEV) y los híbridos, que combinan un motor eléctrico con un motor de combustión interna. Por último, los híbridos se diferencian entre los no enchufables (denominados *hybrid electric vehicle*, HEV), cuya batería convencional se recarga principalmente con la energía cinética del vehículo durante el frenado (*regenerative brake*), haciendo funcionar al motor inversamente como un generador; y los que también pueden ser cargados desde fuentes externas al ser enchufados (denominados *plug-in hybrid electric vehicle*, PHEV).

Figura 5. Tecnologías más difundidas de vehículos eléctricos



Fuente: Elaboración propia.

Debido a sus características particulares, en este trabajo los HEV no serán considerados como eléctricos al momento de elaborar las proyecciones, ya que si bien poseen baterías y un motor eléctrico, estos cumplen un rol menor en el funcionamiento del vehículo y contribuyen, principalmente, a hacer más eficiente su consumo de combustible. Los HEV, además, son considerados una tecnología de transición que debería perder relevancia progresivamente en la medida que las otras variedades vayan reduciendo sus costos y precios (IEA, 2022.a).

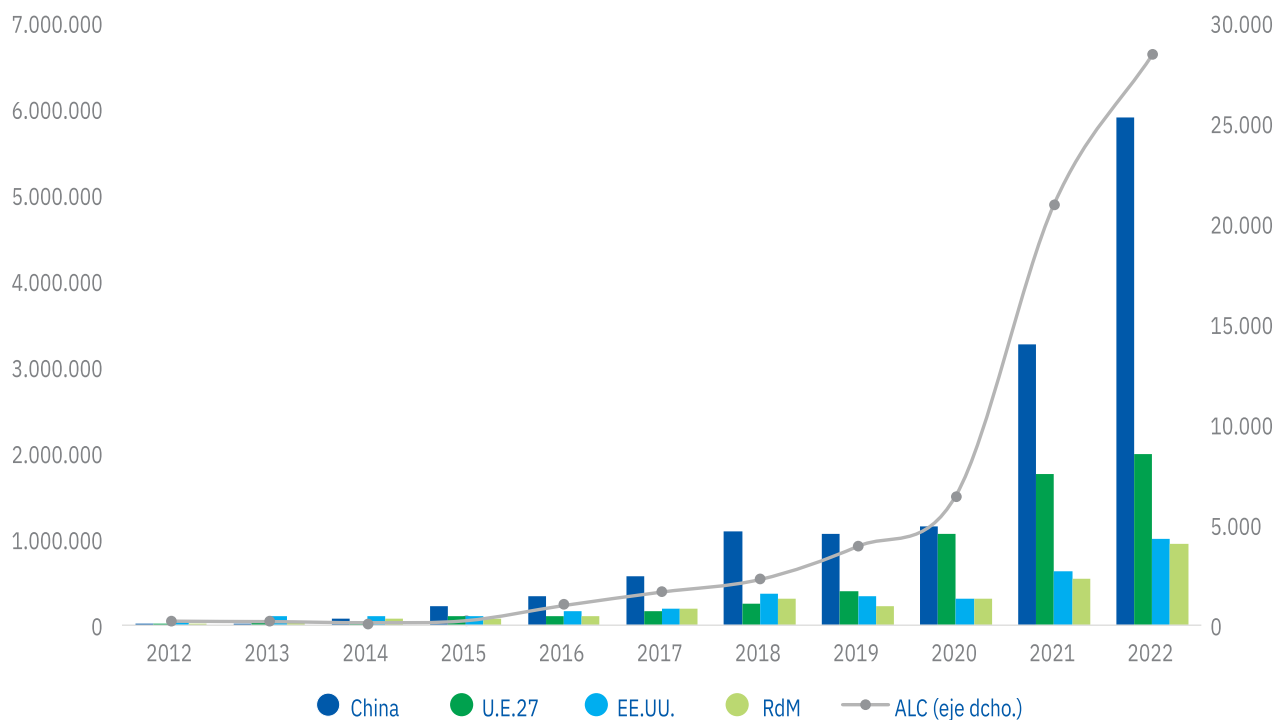
De acuerdo con IEA (2023.a)<sup>7</sup>, las ventas mundiales de EVs batieron nuevos récords en 2022 al crecer prácticamente un 60% de forma interanual con respecto a 2021 y superando la barrera de los 10 millones de unidades, una cifra que triplica la registrada en 2020. Gracias a este auge explosivo, la participación de las ventas globales de EVs sobre las ventas totales de vehículos prácticamente se duplicó en un año, aumentando de un 8,7% en 2021 a un 14% en 2022 y se espera que en 2023 su crecimiento continúe de forma desacelerada (a una tasa del 35% anual, según proyecciones de IEA). Las ventas de BEVs representaron el 72% de las ventas mundiales, mientras que el resto corresponde a los PHEVs. La cantidad total de automóviles eléctricos (BEV más PHEV) en funcionamiento en el mundo, a finales de 2022, fue de unos 25,9 millones de unidades, cinco veces más que en 2018 (Figura 6). Los datos publicados por IEA (2023.a), permiten inferir que mientras aumento las ventas de EVs crecieron en forma exponencial, las compras de vehículos a combustión no recuperaron los niveles pre pandemia.

7 · Global EV Outlook 2023. Accedido 12.09.2023: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>

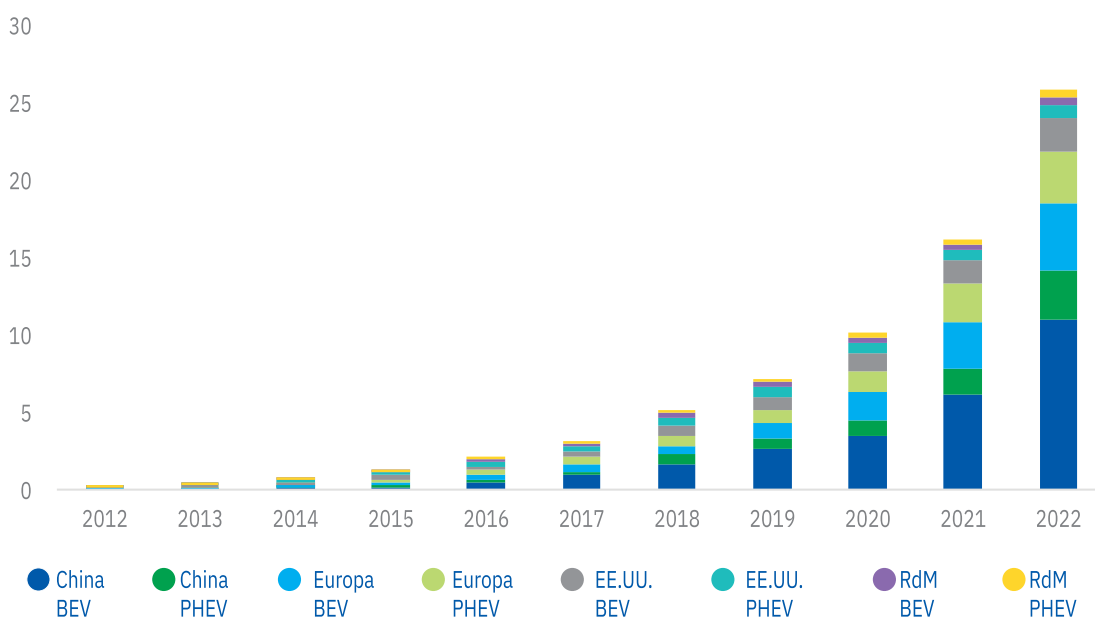


Figura 6. Evolución de las ventas y stocks de autos eléctricos (2012 - 2022)

a. Venta de EVs (En unidades)



b. Stock de vehículos eléctricos (En millones de unidades)



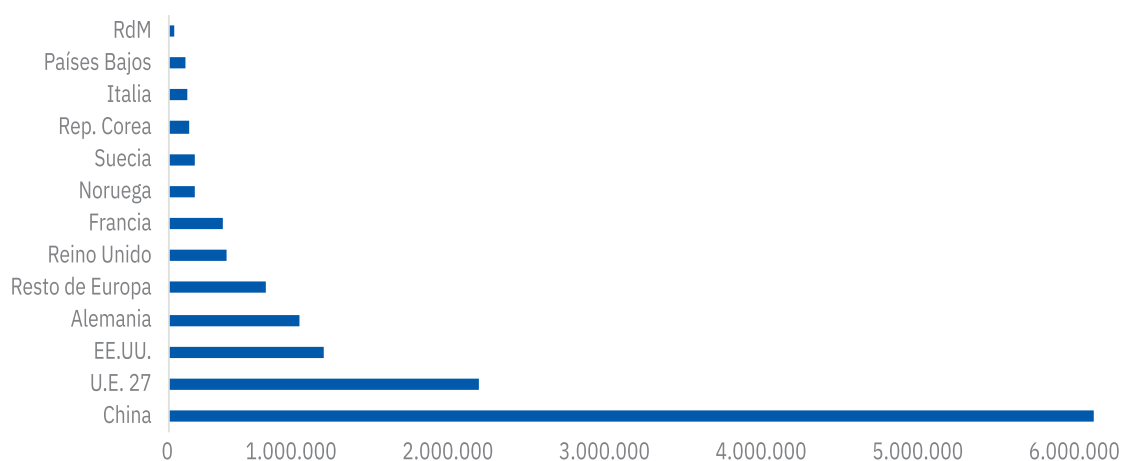
Fuente: Elaboración propia en base a IEA (2023.b).

Nota: Incluye automóviles eléctricos tanto eléctricos a batería (BEV) como híbridos enchufables (PHEV).

Al igual que en años anteriores, en 2022 las ventas mundiales de EVs se concentraron en los tres grandes mercados: China, Europa y EE.UU. Sin embargo, este año presentó una particularidad con respecto a los periodos anteriores: las ventas en mercados emergentes comenzaron a exhibir signos de dinamismo. Si bien los patentamientos de EVs en China se desaceleraron con respecto al año anterior, aun así crecieron un 82% de forma interanual hasta alcanzar los 5,9 millones de unidades, lo que representa el 60% de las ventas mundiales (Figura 7). En Europa y EE.UU., segundo y tercer mercado respectivamente, también se registraron subas de las ventas de EVs, aunque también con ralentizaciones en las tasas de crecimiento interanuales. De esta manera, en Europa crecieron tan solo un 14% con respecto al año anterior, hasta alcanzar 2,3 millones de unidades, mientras en EE.UU. lo hicieron a una tasa mayor del 57% interanual, totalizando 990.000 unidades en 2022. No obstante, aún no se han registrado los impactos de los ambiciosos programas de estímulo que ambas regiones han implementado, como el paquete “Objetivo 55”<sup>8</sup> en la U.E. y la Ley de Reducción de la Inflación<sup>9</sup> (IRA, por sus siglas en inglés) en los EE.UU. En tanto, los sostenidos incrementos anuales que se registran en China responden a que allí los EVs suelen ser más pequeños y tienen asociados costos de fabricación menores, lo que permite reducir el diferencial de precios con los automóviles convencionales. Así, mientras que en el país asiático el precio de un automóvil eléctrico es sólo un 10% más alto que el de un vehículo tradicional, en otros mercados importantes la diferencia es mayor, en torno a un 45/50%.

Por su parte, en 2022 ciertas economías emergentes, como la India y Tailandia, mostraron un despegue de sus mercados locales de EVs. Aunque desde una base baja, las ventas se triplicaron en el primer caso y se duplicaron en el segundo. Los segmentos de mayor dinamismo son las motorizaciones de dos y tres ruedas, que son mucho menos costosas en términos relativos que los automóviles.

Figura 7. Ventas de vehículos eléctricos por país (En unidades, 2022)



Fuente: IEA (2023), Global EV Data Explorer.

Nota: Se incluyen tanto eléctricos a batería (BEV) como híbridos enchufables (PHEV).

8 · “Objetivo 55”. Consejo Europeo. Accedido el 12.9.2023.

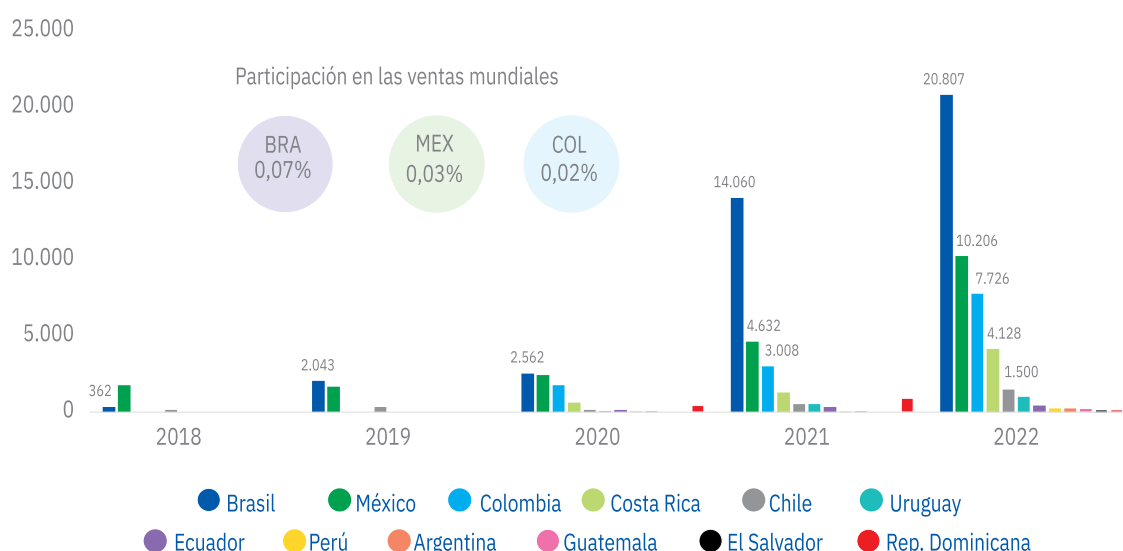
<https://www.consilium.europa.eu/es/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>

9 · “The Inflation Reduction Act: A Big Deal for People and the Planet”. United States Environmental protection agency. Accedido el 12.9.2023.

<https://www.epa.gov/perspectives/inflation-reduction-act-big-deal-people-and-planet>

Las ventas de autos eléctricos en ALC continúan siendo limitadas con respecto a los volúmenes de los vehículos tradicionales, aunque todos los países registraron mayor dinamismo en los últimos años, en línea con la tendencia observada en las economías avanzadas. Las cifras para ALC (Figura 8) muestran que en toda la región se vendieron alrededor de 50.000 unidades de EVs tan solo en 2022 (0,15% de las ventas mundiales). Brasil es el mercado con mayor stock acumulado en la región, gracias a las medidas tempranas de estímulo al sector que se vienen estableciendo desde 2015 y que incluyen financiamiento a la demanda. En 2022, se vendieron aproximadamente 20.000 unidades de PHEVs y BEVs, el doble de las patentadas en México para el mismo año (10.206 unidades). En México, varias empresas (Ford, GM, JAC, BMW, Audi, Volkswagen, Nissan, Stellantis, Tesla y KIA) ensamblan EVs para destinarlos mayormente al mercado de exportación, lo que se refleja en las bajas cifras de penetración de EVs en el mercado local<sup>10</sup>. Colombia se posiciona como el tercer mercado en 2022, con casi 8.000 unidades vendidas, más que duplicando las unidades registradas en el año previo (+157% i.a). A pesar de ser un mercado chico, Costa Rica se posiciona en el cuarto lugar, con un poco más de 4.000 unidades, seguida por Chile con 1.500 unidades y por Uruguay, con prácticamente 1.000 unidades. Al igual que en otras economías emergentes, estas cifras podrían crecer en la medida que aumenten los modelos disponibles en los mercados, especialmente aquellos que sean más asequibles para los consumidores del segmento masivo.

Figura 8. Ventas de vehículos eléctricos en América Latina (En unidades, 2018 - 2022)

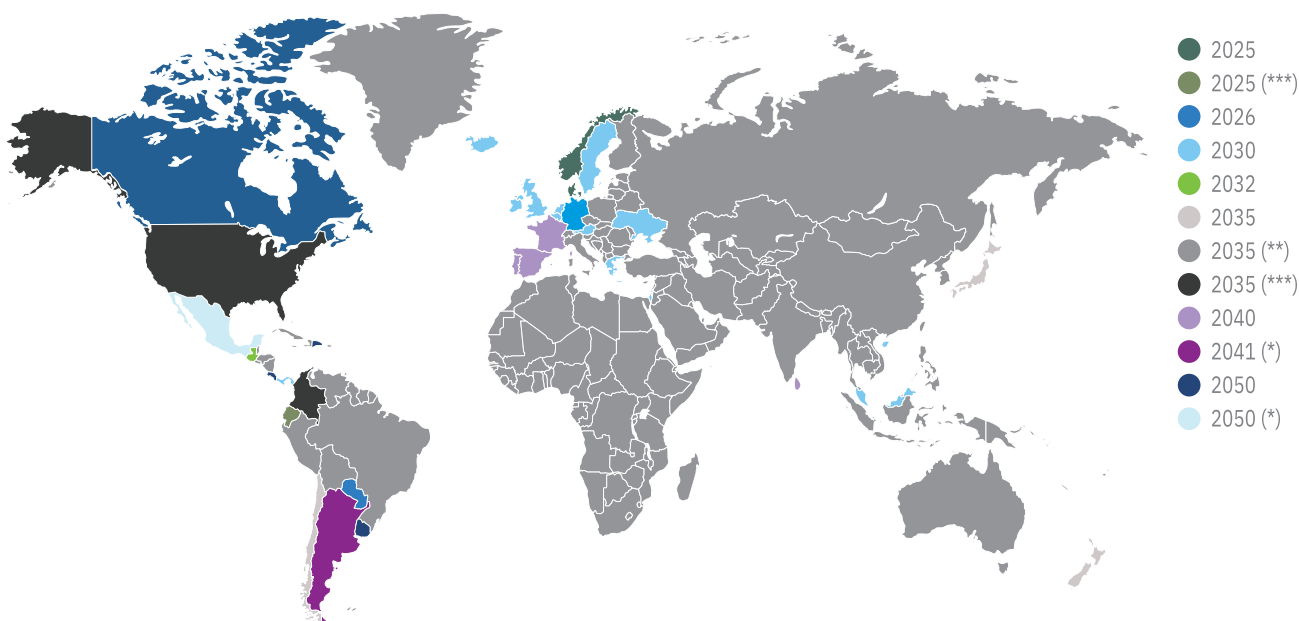


Fuente: Elaboración propia en base a IEA, Asociación Nacional de Movilidad Sostenible (ANDEMOS), Asociación de Comercio Automotor del Uruguay (ACAU), Sistema de Información Online del Mercado Automotor Argentino (SIOMAA), Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Asociación Brasileña de EVs (ABVE), Asociación Nacional Automotriz de Chile (ANAC), Portal Movilidad.

10 · Según la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA), tan solo 0,51% de las ventas totales de vehículos nuevos fueron BEV y un 0,42% fueron PHEV en 2022. "Reporte de Venta de Vehículos Híbridos y Eléctricos a Diciembre 2022". Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA). Accedido el 10.07.2022. <https://www.amia.com.mx/2023/03/13/reporte-de-venta-de-vehiculos-hibridos-y-electricos-a-diciembre-2022/>.

Múltiples factores impulsan el aumento de los patentamientos de EVs a nivel mundial. Una de las razones principales es el apoyo sostenido de las políticas públicas, en un contexto en el cual, en 2021, el gasto público duplicó su peso hasta casi US\$ 30 mil millones en subsidios e incentivos para fomentar el sector (IEA, 2022.a). Asimismo, un número creciente de países o bloques regionales han ido asumiendo compromisos respecto a la movilidad sostenible<sup>11</sup>. En la Figura 9, se observa cómo en la mayoría de países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) se ha avanzado en la fijación de fechas límite para la venta exclusiva de EVs, de vehículos con cero emisiones de CO<sub>2</sub>; o bien, directamente, la prohibición de la venta de vehículos a combustión interna. La mayoría de los casos tienen como fecha límite el 2040, mientras que en la región de ALC algunos países comenzaron a realizar compromisos formales en 2022 y 2023. Inicialmente, Costa Rica fue el primero en fijar el año 2050 como fecha límite, pero rápidamente fue seguido por Chile y Colombia con metas más ambiciosas<sup>12</sup> hacia el año 2035.

Figura 9. Compromisos nacionales y subnacionales asumidos por los países para vehículos ligeros



Fuente: IEA (2023.a) y otras fuentes nacionales para países de ALC.

Notas: (\*) No vigente: propuestas en proyectos de Ley, (\*\*) solamente el estado de California; (\*\*\*) compromisos asumidos para vehículos pesados.

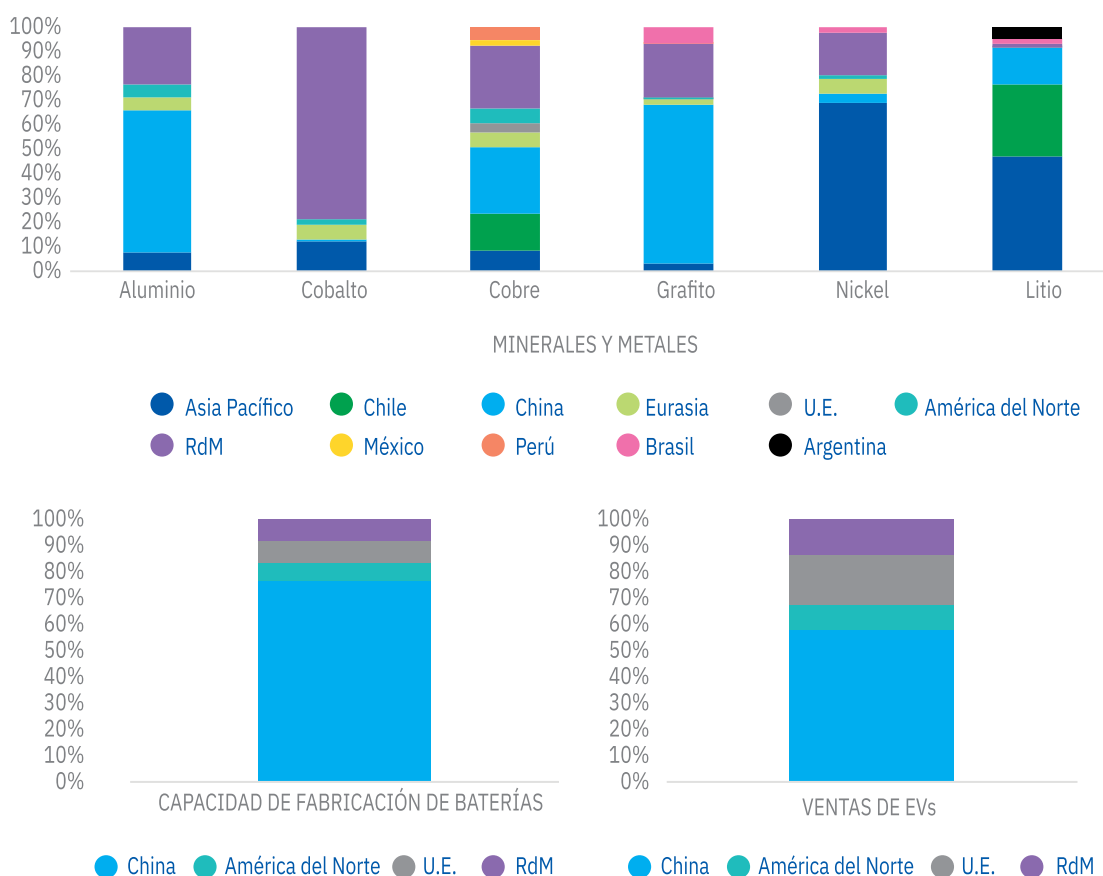
11 · Por su parte, diversas empresas fabricantes de automóviles pusieron en marcha estrategias propias para electrificar sus flotas, independientemente de los objetivos de política de cada país o bloque económico (Baruj et al., 2021). Por ejemplo, el grupo PSA y Volkswagen han puesto como meta el 2020 y 2022, respectivamente, para dejar de realizar inversiones en motores de combustión interna. En tanto, muchas fijaron objetivos de cero emisiones: Rolls Royce (2030); Daimler y Jaguar (2035-2040); y Ford, Nissan, Grupo PSA, Toyota, Renault, Honda y Volkswagen (2050).

12 · Las políticas de estímulo nacionales son abordadas con mayor detalle en la sección 7 del informe, Políticas actuales para el fomento de la movilidad sostenible y la transición energética.

## II · LA CADENA GLOBAL DE VALOR DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Como se ha mencionado en la sección anterior, China se ubica en el primer puesto de ventas de EVs a nivel mundial, que en 2022 también se reflejó en una cuota del 35% de las exportaciones mundiales. Ello ha sido posible gracias a que domina toda la cadena de suministro y fabricación de los mismos (Figura 10). No obstante, en el primer eslabón de la cadena relacionado con la extracción de minerales, otros países -incluidos varios de la región- tienen una participación significativa del mercado. En litio, Chile (30%), la Argentina (5%) y Brasil (2%); en cobre, Chile (15%), México (3%) y Perú (5%), y Brasil, en grafito (7%) y níquel (3%).

Figura 10: Distribución geográfica de la cadena de vehículos eléctricos (2022)

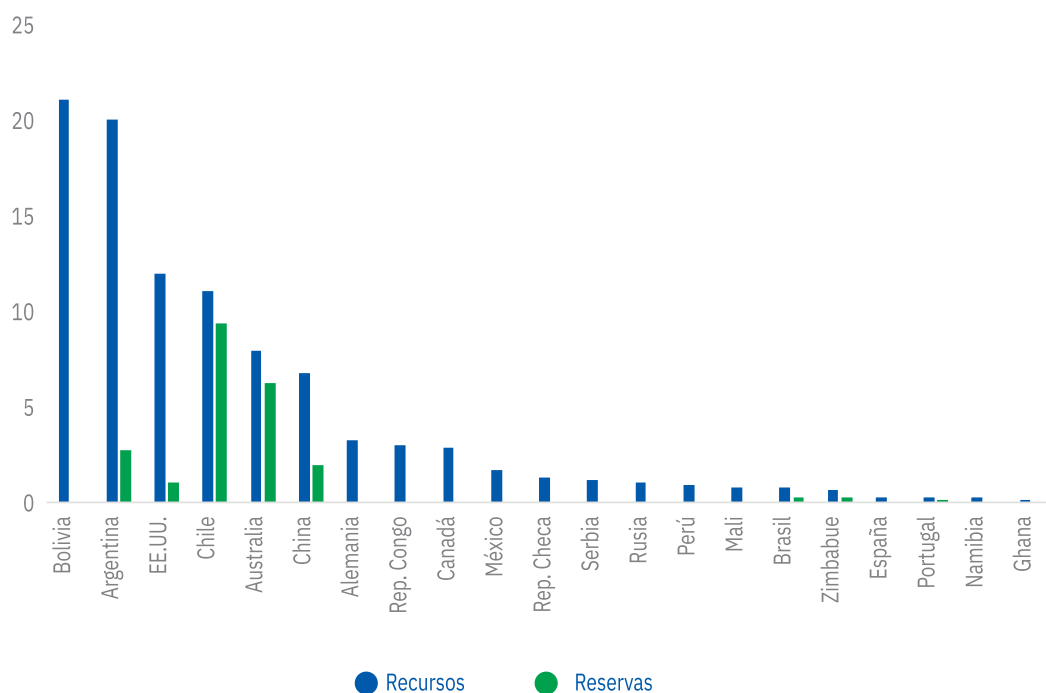


Fuente: Elaboración propia en base a USGS (Mineral Commodity Summaries 2022) e IEA (2022.a).  
 Notas: La Rep. Dem. del Congo representa gran parte de la porción Resto del Mundo en cobalto, con una participación de 72% de la producción mundial, y en cobre, con un 7%. Dentro de Asia Pacífico, Australia es el jugador más fuerte, con un 52% de la producción de litio y un 6% de la de níquel; mientras que Rusia tiene una presencia fuerte en níquel (7%) y cobalto (5%).



Si bien el litio es uno de los recursos más abundantes en la naturaleza, sólo algunos países pueden explotarlo económicamente, ya que su aprovechamiento es viable únicamente cuando se presenta en elevadas concentraciones. Por ende, se habla de reservas cuando el potencial comercial del recurso ha sido certificado internacionalmente. De aquí la diferencia en la distribución territorial del litio entre países que cuentan con recursos y países que cuentan con reservas (Figura 11).

Figura 11. Recursos y reservas mundiales de litio, por países (En millones de toneladas de LCE, 2022)



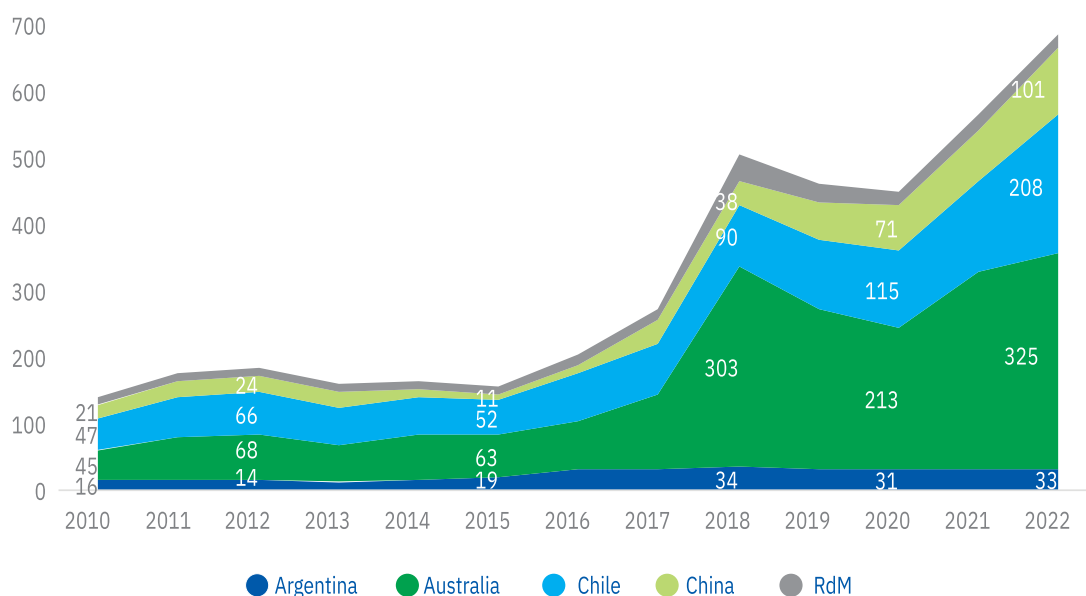
Fuente: Elaboración propia en base al informe anual “Mineral Commodity Summaries” del USGS.

América Latina posee más de la mitad del litio del mundo (recursos), concentrado principalmente en tres países de la región -Bolivia, Chile y Argentina-, los cuales conforman el denominado “Triángulo del Litio” y registran entre sus recursos aproximadamente 52 millones de toneladas (tns.), casi un 60% del total mundial. Chile es el país mejor posicionado de los tres, ya que el 85% de sus recursos (11 millones de tns.) son económicamente explotables, registrando 9 millones de tns. de reservas. Si bien Bolivia posee lo que se considera el yacimiento de litio más grande del mundo -21 millones de tns. de recursos en el Salar de Uyuni-, el desarrollo de su industria ha sido lento y ha enfrentado dificultades en términos de financiamiento, tecnología y adaptación a la producción a gran escala, por lo que aún no registra reservas internacionalmente certificadas<sup>13</sup>. A 2022, se estima que la Argentina cuenta con 20 millones de tns. de recursos, pero tan solo 3 millones de tns. de reservas.

13 · En 2008, el gobierno boliviano nacionalizó los recursos de litio, asumiendo el control exclusivo sobre la producción y comercialización del mismo a través de la empresa estatal Yacimientos de Litio Bolivianos (YLB). Desde entonces, se han llevado a cabo diferentes iniciativas y proyectos para desarrollar el sector, incluida la construcción de plantas de procesamiento y la búsqueda de socios extranjeros para su explotación. Actualmente, Bolivia continúa realizando esfuerzos para construir dos plantas en los salares de Coipasa (en la región de Oruro) y Uyuni (en la de Potosí), que tendrán, cada una, una capacidad de producción de 25.000 tns. anuales de carbonato de litio de alta pureza. Se espera que las mismas estén en actividad en 2025.

Chile es el segundo mayor productor mundial de litio, con 131.000 tns. de carbonato de litio equivalente (LCE, por sus siglas en inglés) ofrecidas, en promedio, entre 2018 y 2022 (Figura 12). Gracias a ello, se posiciona después de Australia, que desde hace una década domina la oferta mundial (275.000 tns. promedio), y es seguido por China (con 68.000 tns., en promedio). Al igual que Chile, la Argentina ha logrado producir litio a gran escala, ofreciendo en promedio 33.000 tns. al mercado internacional en los últimos cinco años. Es decir, que en conjunto Chile y la Argentina explican cerca del 30% de la producción mundial. Bolivia, por su parte, todavía no ha logrado producir los volúmenes necesarios para posicionarse como un oferente internacional de relevancia; ya que como hemos mencionado previamente, aún es necesario realizar inversiones en el sector para tornar económicamente viable la explotación de los yacimientos existentes.

Figura 12. Producción por país (2010-2022, en miles de tns. LCE)



Fuente: Elaboración propia en base a Tablero global del litio - Sistema de Información Abierta a la Comunidad de la Actividad Minera en Argentina (SIACAM)

Nota: El litio se mide en miles de toneladas (tns.) de LCE.

A través de distintos modelos de explotación, los tres países sudamericanos aspiran a industrializar el litio y ascender en la cadena de producción hacia la elaboración de baterías de ion-litio, o al menos algunos de sus componentes. No obstante, cuentan con una desventaja comparativa considerable, que es la distancia geográfica que los separa de los grandes polos de fabricación de vehículos. México, por su parte, no cuenta con esa desventaja, pero la cantidad y calidad de los recursos de litio que posee (yacimientos arcillosos) es mucho menor en comparación con los países sudamericanos.

Según estimaciones de la IEA (2021.a), en un escenario consistente con el Acuerdo de París, la demanda mundial de litio crecería más de 40 veces con relación a los niveles de 2020. La escasez de oferta representa una oportunidad única para la región de posicionarse en una de las cadenas globales de valor con mayor dinamismo en la actualidad<sup>14</sup>.

14 - Se debe tener en cuenta que China lidera la investigación y desarrollo de una nueva tecnología que podría revolucionar el mercado, las baterías en base a ion sodio y a litio-azufre; las cuales cuentan con varias ventajas comparativas para ser aplicadas en electromovilidad y podrían aliviar las presiones sobre el mercado de baterías de litio, contribuyendo a reducir sus costos. Incluso se habla de que en 2023, se podrían lanzar al mercado los primeros EVs que utilicen las nuevas baterías. Para mayor detalle, véase: "Why China Could Dominate the Next Big Advance in Batteries", The New York Times, accedido el 6.5.2023 <https://www.nytimes.com/2023/04/12/business/china-sodium-batteries.htm>. "EV battery makers race to develop cheaper materials, skirting China", Taipei Times, accedido 12.9.2023: <https://www.taipeitimes.com/News/biz/archives/2022/11/20/2003789253> y "Top 10 Energy Storage Trends in 2023", BloombergNEF, accedido el 6.5.2023: <https://about.bnef.com/blog/top-10-energy-storage-trends-in-2023>

Pero si bien el litio es el insumo crítico para la elaboración de baterías eléctricas, no es el único relevante y varios países de la región son proveedores mundiales de otros minerales necesarios para el armado de las mismas. De acuerdo con Campbell (2019), la incidencia de cada materia prima en el costo total de una batería de EVs de pasajeros con una capacidad promedio de 64 kW (Figura 13) varía según cada uno de los minerales. El níquel es el mineral con mayor participación (21%) en el costo total, que incluye otros productos y servicios, puesto que es más caro (US\$ 1.650) que el litio (US\$ 1.000), que representa un 13% del costo total de la batería. Le sigue el cobalto, con un 9% de participación, y el cobre y el aluminio que comparten un 4% de incidencia en el costo.

Figura 13. Participación de cada materia prima en el costo total de una batería EV con capacidad promedio de 64 kWh



Fuente: Elaboración propia en base a Pirmana et al. (2023) y Campbell (2019).

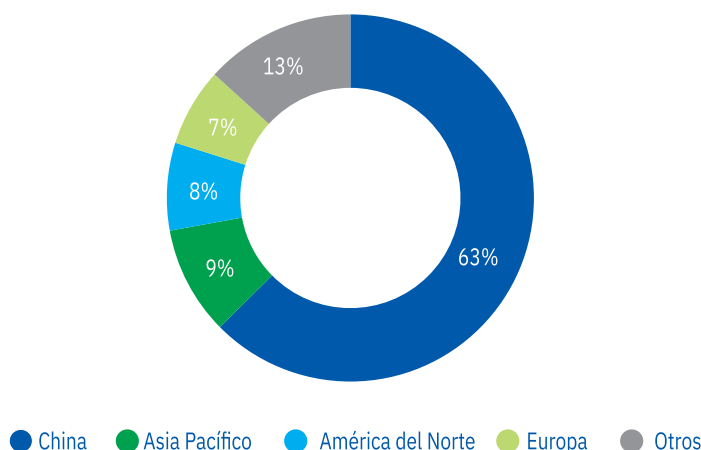
Según los últimos datos disponibles a 2022 (ver Figura 1 en Anexo 1), si bien China tiene una participación mayoritaria en la producción mundial de aluminio, cobre y grafito, la región de ALC tiene una buena porción en todos los componentes, además de la representación mayoritaria que ya fue mencionada en litio. Brasil produjo alrededor del 7% de la producción mundial de grafito y del 3% de la de níquel<sup>15</sup>. Vale la pena resaltar que, para este último mineral, la República del Congo concentra en promedio 70% de la producción mundial y que ello implica un riesgo sistémico para la cadena de suministro en la provisión segura de este insumo crítico de la batería. En cobre, varios países de la región participan de la provisión mundial del mineral: Chile (15%), Perú (5%) y México (3%), además de la Argentina que tiene potencial de aumentar la producción.

Por su parte, las baterías eléctricas representan entre un 20% y 30% del valor de un EV. China cuenta con un poco menos de las tres cuartas partes de la producción mundial de baterías de iones de litio, mientras que concentra el 70% de producción de cátodos y el 85% de ánodos, dos componentes esenciales para las baterías. En 2022, tuvo una capacidad de producción y almacenamiento de 373 GWh, casi seis veces lo que registran los países de Asia Pacífico en su conjunto (57 GWh) y Norteamérica (46 GWh.).

15 · Aunque no se vea reflejado en los datos de 2022, hasta 2019 Colombia proveía alrededor del 5% del níquel mundial y México un 1% del cobalto; lo que refleja disponibilidad de reservas en la región de tales insumos de las baterías.



Figura 14: Capacidad de producción de baterías de litio para EV y almacenamiento de energía (GWh, 2022)



Fuente: IEA, [Commissioned EV and energy storage lithium-ion battery cell production capacity by region, and associated annual investment, 2010-2022, IEA, Paris](#)

Nota: La capacidad está medida en gigavatio-hora (GWh). Asia Pacífico incluye principalmente Japón y Rep. De Corea.

El dominio de China en el eslabón de la cadena de baterías motivó a que EE.UU. y la U.E. implementen políticas para fortalecer la cadena de suministro, incentivando la fabricación local de baterías eléctricas (Ley de Reducción de la Inflación y la EU's Net Zero Industry Act, respectivamente).

Finalmente, como se mencionó previamente, el predominio de China se observa también en la etapa de comercialización, que es el último eslabón de la cadena de EVs. Según datos de IEA (2023.a), en 2022 más de la mitad de los EVs se vendieron en China (58%), seguida muy por debajo de EE.UU. (10%), Alemania (8%), Reino Unido (4%) y Francia (3%), entre los principales mercados. La región de ALC, por su parte, registró menos del 1% de las ventas mundiales de EVs.

Cuando se observan las importaciones y exportaciones de EVs de 2021, sumando a los híbridos en la cuenta, se destaca un primer grupo compuesto por la U.E, China, EE.UU., Reino Unido y Japón (figura 15). La U.E. es la región que más comercializa autos eléctricos en términos absolutos (es un exportador neto por US\$ 11.586 millones, con Alemania muy por encima del promedio regional), seguida por EE.UU. que es importador neto por US\$ 6.000 millones. Luego, se encuentra un segundo grupo de países que comercia entre los US\$ 25 y US\$ 10.000 millones de EVs totales, entre los que se encuentran Japón, Reino Unido, Bélgica, China, Corea, Francia, España, Eslovaquia y Suecia.

Figura 15. Exportaciones e Importaciones de EVs (Millones de US\$, 2021)

| Países        | BEV    |        |        | PHEV   |        |        | HEV    |        |        | TOTAL   |         |                |        |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|----------------|--------|
|               | Expo.  | Impo.  | Saldo  | Expo.  | Impo.  | Saldo  | Expo.  | Impo.  | Saldo  | Expo.   | Impo.   | Comercio total | Saldo  |
| Alemania      | 15.706 | 8.991  | 6.714  | 13.116 | 8.838  | 4.278  | 27.193 | 6.510  | 20.684 | 56.015  | 24.339  | 80.353         | 31.676 |
| UE 27*        | 10.374 | 11.010 | -636   | 5.976  | 5.908  | 69     | 26.108 | 13.955 | 12.154 | 42.459  | 30.872  | 73.331         | 11.586 |
| EE.UU.        | 5.426  | 5.438  | -12    | 5.431  | 3.780  | 1.651  | 2.499  | 10.182 | -7.684 | 13.355  | 19.400  | 32.756         | -6.045 |
| Japón         | 1.032  | 1.120  | -88    | 3.622  | 253    | 3.369  | 19.075 | 749    | 18.326 | 23.729  | 2.122   | 25.851         | 21.606 |
| Reino Unido   | 1.490  | 6.199  | -4.710 | 1.114  | 2.716  | -1.601 | 7.261  | 4.244  | 3.017  | 9.865   | 13.159  | 23.024         | -3.294 |
| Bélgica       | 5.319  | 3.028  | 2.291  | 1.078  | 1.954  | -876   | 4.124  | 5.269  | -1.145 | 10.521  | 10.251  | 20.772         | 270    |
| China         | 8.603  | 797    | 7.806  | 1.434  | 2.111  | -677   | 110    | 4.747  | -4.637 | 10.146  | 7.655   | 17.801         | 2.492  |
| Rep. de Corea | 5.649  | 1.203  | 4.446  | 1.340  | 905    | 435    | 4.676  | 3.603  | 1.074  | 11.665  | 5.711   | 17.376         | 5.955  |
| Francia       | 2.319  | 4.887  | -2.568 | 243    | 2.978  | -2.735 | 2.236  | 2.112  | 124    | 4.799   | 9.978   | 14.776         | -5.179 |
| España        | 1.978  | 896    | 1.081  | 3.960  | 628    | 3.331  | 1.607  | 2.427  | -820   | 7.544   | 3.951   | 11.496         | 3.593  |
| Eslovaquia    | 2.564  | 130    | 2.434  | 2.803  | 38     | 2.766  | 5.351  | 351    | 5.000  | 10.719  | 519     | 11.237         | 10.200 |
| Suecia        | 144    | 2.678  | -2.534 | 3.727  | 1.908  | 1.819  | 855    | 1.235  | -380   | 4.727   | 5.821   | 10.548         | -1.094 |
| Italia        | 1.067  | 1.945  | -878   | 101    | 1.330  | -1.229 | 287    | 4.313  | -4.027 | 1.455   | 7.588   | 9.043          | -6.134 |
| Rep. Checa    | 2.633  | 119    | 2.514  | 1.566  | 145    | 1.421  | 3.289  | 872    | 2.417  | 7.488   | 1.136   | 8.624          | 6.352  |
| Canadá        | 261    | 2.369  | -2.109 | 812    | 675    | 138    | 1.469  | 1.928  | -459   | 2.542   | 4.972   | 7.514          | -2.430 |
| Noruega       | 20     | 5.612  | -5.592 | 5      | 1.428  | -1.423 | 3      | 303    | -300   | 28      | 7.343   | 7.370          | -7.315 |
| Países Bajos  | 245    | 2.671  | -2.426 | 601    | 1.139  | -538   | 154    | 1.199  | -1.045 | 999     | 5.009   | 6.008          | -4.010 |
| Turquía       | 2      | 242    | -240   | 13     | 41     | -29    | 3.756  | 715    | 3.041  | 3.771   | 999     | 4.770          | 2.772  |
| Austria       | 780    | 1.280  | -500   | 215    | 666    | -451   | 895    | 827    | 69     | 1.890   | 2.773   | 4.663          | -883   |
| Suiza         | 13     | 1.503  | -1.491 | 5      | 1.077  | -1.072 | 24     | 1.850  | -1.827 | 41      | 4.430   | 4.471          | -4.390 |
| Hungría       | 122    | 160    | -38    | 800    | 153    | 646    | 1.978  | 749    | 1.228  | 2.899   | 1.063   | 3.962          | 1.837  |
| Total         | 56.566 | 59.812 | -3.245 | 43.336 | 38.002 | 5.334  | 90.145 | 69.353 | 20.791 | 190.046 | 167.167 | 357.213        | 22.880 |

Fuente: Elaboración propia en base a COMTRADE.

Nota: \* Para la región agregada UE 27 solamente consideramos el extrazona (como si fuera un país individual).

En la región de ALC existen flujos de comercio poco significativos para BEV y PHEV, que representan un 45% de las importaciones, siendo Brasil, México, República Dominicana y Costa Rica los países donde se registran mayores compras externas. Así, existen flujos de comercio algo más relevantes en el segmento de los híbridos no enchufables (HEV), que representan prácticamente la totalidad de las exportaciones y un 56% de las importaciones de la región.

Figura 16. Exportaciones e importaciones de EVs (En millones de US\$, 2021)

| Países          | BEV   |       |       | PHEV  |       |       | HEV   |       |       | TOTAL |       |                |        |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|--------|
|                 | Expo. | Ímpo. | Saldo | Expo. | Ímpo. | Saldo | Expo. | Ímpo. | Saldo | Expo. | Ímpo. | Comercio total | Saldo  |
| Brasil          | 1     | 110   | -109  | 0     | 322   | -322  | 245   | 66    | 179   | 246   | 498   | 744            | -252   |
| México          | 0     | 83    | -83   | 3     | 2     | 1     | 177   | 199   | -22   | 180   | 285   | 465            | -104   |
| Colombia        | 1     | 29    | -28   | 0     | 75    | -75   | 0     | 336   | -335  | 1     | 440   | 441            | -439   |
| Argentina       | 0     | 1     | -1    | 0     | 1     | -1    | 0     | 125   | -125  | 0     | 127   | 127            | -127   |
| Rep. Dominicana | 0     | 75    | -74   | 0     | 8     | -8    | 0     | 28    | -28   | 0     | 111   | 111            | -110   |
| Ecuador         | 0     | 3     | -3    | 0     | 2     | -2    | 0     | 72    | -72   | 0     | 77    | 77             | -77    |
| Costa Rica      | 0     | 38    | -38   | 0     | 8     | -8    | 0     | 28    | -28   | 0     | 75    | 75             | -75    |
| Chile           | 0     | 13    | -13   | 0     | 8     | -8    | 0     | 52    | -52   | 0     | 73    | 73             | -72    |
| Uruguay         | 0     | 22    | -22   | 0     | 9     | -9    | 0     | 31    | -31   | 0     | 63    | 63             | -63    |
| Perú            | 0     | 2     | -2    | 0     | 4     | -4    | 0     | 49    | -49   | 0     | 54    | 54             | -54    |
| Guatemala       | 0     | 2     | -2    | 1     | 5     | -4    | 0     | 30    | -30   | 1     | 37    | 38             | -36    |
| Panamá          | 0     | 6     | -6    | 0     | 2     | -2    | 0     | 28    | -28   | 0     | 36    | 36             | -36    |
| Paraguay        | 0     | 1     | -1    | 0     | 5     | -5    | 0     | 12    | -12   | 0     | 19    | 19             | -19    |
| Honduras        | 0     | 1     | -1    | 0     | 0     | 0     | 0     | 4     | -4    | 0     | 4     | 4              | -4     |
| Bolivia         | 0     | 1     | -1    | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | -1    | 0     | 2     | 2              | -2     |
| El Salvador     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | -1    | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | 1              | -1     |
| Nicaragua       | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0              | 0      |
| Bélice          | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0              | 0      |
| Subtotal AL     | 3     | 388   | -385  | 4     | 453   | -449  | 423   | 1.060 | -637  | 430   | 1.900 | 2.330          | -1.471 |

Fuente: Elaboración propia en base a COMTRADE.

A modo de cierre de esta sección, se puede concluir que en la región aparecen oportunidades en algunos de los segmentos correspondientes a los distintos eslabones de la cadena productiva de la electromovilidad. Tal como se mencionó previamente, la región de ALC contiene parte de los recursos minerales que son necesarios para la elaboración de las pilas y la posterior construcción de las baterías, por lo que cuenta con los insumos necesarios para insertarse en la cadena global de valor “hacia arriba”. Por ejemplo, tres países de la región, encabezados por Bolivia, seguido por la Argentina y luego por Chile, concentran casi 2/3 de los recursos mundiales de litio pero producen menos de 1/3 con una incidencia muy alta de carbonato de litio, un subproducto de menor valor final que el hidróxido.

Sin embargo, moverse exitosamente aguas abajo requiere de una combinación exitosa de políticas públicas e inversiones privadas para crear las capacidades que demandan los segmentos industrializados, donde la escala de producción es una condición necesaria para lograr costos unitarios competitivos y viabilizar económicamente el desarrollo de estos segmentos de mayor valor agregado y complejidad.

Al momento de diseñar sus políticas de incentivos, los países de ALC deben analizar cuáles son los determinantes que las empresas multinacionales del sector automotriz consideran a la hora de elegir dónde localizarle o ampliar su producción. Las estrategias de atracción de inversiones de la región deben estar focalizadas en entender éstos

+

+

+

+

determinantes claves, principalmente si las empresas son buscadoras de recursos naturales, buscadoras de mercados, buscadoras de eficiencia y buscadoras de activos estratégicos (García y López, 2020). En este sentido, la coordinación a nivel regional, sumado al desarrollo de incentivos correctos a nivel nacional, debería estar enfocada en generar patrones de especialización regional que permitan a los países ganar una escala significativa en diferentes segmentos de EVs. Así, resulta necesaria una política que aliente el cambio estructural en la demanda y en la oferta de vehículos, junto con una política comercial más abierta que aliente el comercio regional de EVs y sus partes. No obstante, en todo este proceso debe tenerse en cuenta que a nivel regional la producción de vehículos suele estar en manos de empresas multinacionales, cuyas decisiones de inversión y producción muchas veces dependen de una estrategia global de ventas y organización de la cadena de valor (Humphrey y Memedovic, 2003).

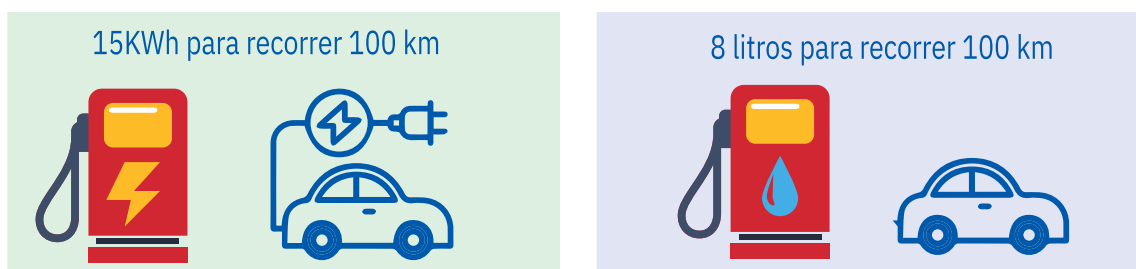
### **III · LOS INCENTIVOS ECONÓMICOS A LA ADOPCIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS**

Uno de los aspectos centrales en la adopción de EVs es la existencia de incentivos económicos a la compra. Estos incentivos buscan reconocer y compensar las diferencias iniciales de precio entre un EV y un vehículo de combustión interna. Aunque los EVs suelen tener un precio inicial más elevado, existen diversas formas en las que estos incentivos equilibran esa diferencia y hacen que la adquisición de un automóvil eléctrico sea más atractiva y rentable a largo plazo (Ghandi y Paltsev, 2020). Un argumento clave para respaldar la decisión de pagar un sobreprecio inicial es la mayor eficiencia en el consumo de combustible y la reducción de los costos operativos a lo largo del tiempo.

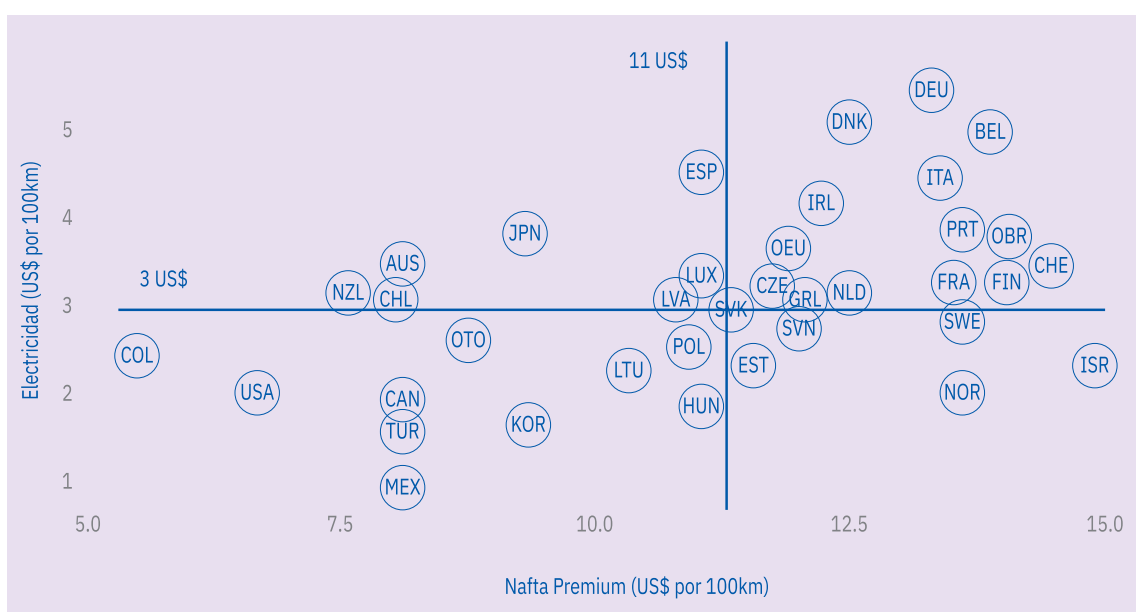
Los EVs son más eficientes en el uso de la energía en comparación con los vehículos de combustión interna. Al utilizar electricidad en lugar de combustibles fósiles, los EVs pueden reducir significativamente los costos de funcionamiento a lo largo del tiempo. Esta eficiencia se traduce en un menor gasto de electricidad en comparación con los combustibles fósiles tradicionales. Además, al tener menos partes móviles y sistemas mecánicos, los EVs presentan un menor riesgo de fallas mecánicas y requieren menos mantenimiento, lo que puede generar ahorros significativos a lo largo de su vida útil. Por ejemplo, los autos eléctricos no requieren cambios de aceite ni filtros.

La figura 17 muestra el consumo relativo de electricidad y combustible requerido en promedio para recorrer 100 km. Si bien esta es una simplificación y generalización, ya que los consumos pueden variar según la marca y el modelo, se utiliza como punto de referencia. Utilizando los datos publicados por la OCDE, se determinó el costo de cada tipo de fuente de energía para el período 2018-2019. Los resultados se resumen en la figura 17, donde se observa que, a pesar de las diferencias entre países, existe una relación unívoca entre un menor costo monetario por recorrer 100 km utilizando un vehículo eléctrico. Además, se observa una pendiente positiva entre ambas variables, lo que sugiere que fuentes de energía primaria más baratas se traducen en menores precios finales de la electricidad y los productos derivados del petróleo.

Figura 17. Costo relativo funcionamiento vehículos livianos en países de la OCDE (2018 - 2021)



Costo Relativo del uso de un EV vs Motor de combustión interna



Fuente: Elaboración propia en base a precios de OCDE (2021).

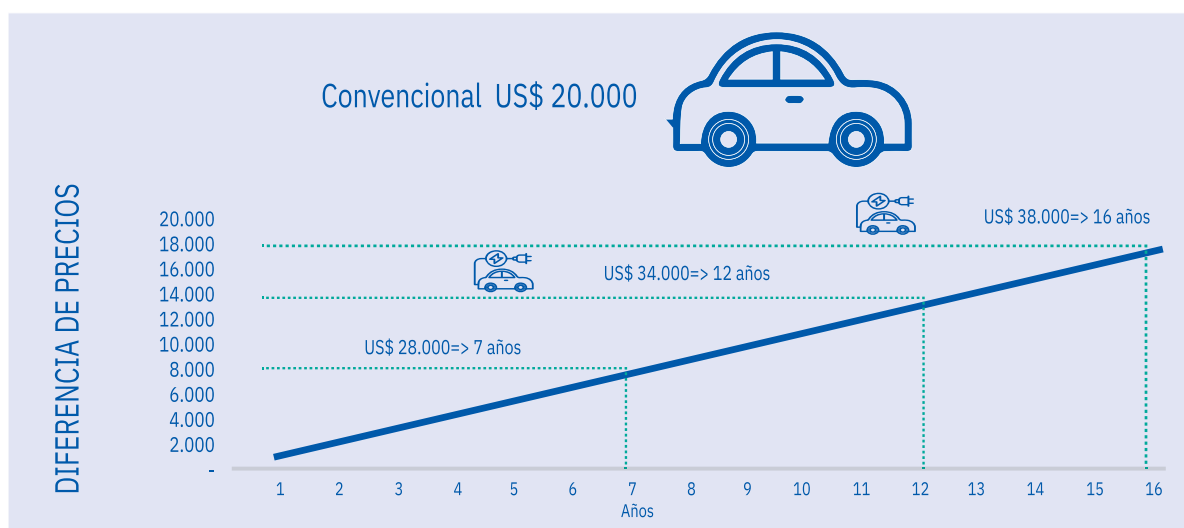
Todos estos elementos implican que el período de recuperación (*payback period*) es un factor central para comprender la racionalidad económica detrás de la demanda de EVs en los próximos años. A pesar de tener un precio inicial más elevado, la mayor eficiencia en el consumo de combustible y los menores costos de mantenimiento de los EVs permiten recuperar el sobreprecio inicial a lo largo del tiempo. El período de recuperación puede variar según el uso del vehículo, los precios de la electricidad y los combustibles fósiles, así como en función de los incentivos disponibles.

En la figura 18 se muestra el tiempo promedio requerido para recuperar el sobreprecio inicial invertido en la compra de EVs, suponiendo un precio promedio de electricidad y combustibles refinados a nivel global. Se asume un precio inicial de un automóvil de combustión interna comparable de US\$ 20.000. Como se observa en el gráfico, a medida que la brecha de precios tiende a reducirse debido a mejoras en la productividad y aumentos en la competencia entre marcas, o bien debido a la existencia de beneficios

fiscales, existen incentivos más fuertes para que los hogares elijan EVs en lugar de los de combustión interna. Con una diferencia cercana al 20%, solo se necesitan alrededor de cinco años para amortizar el sobreprecio inicial. Sin embargo, si la diferencia fuera del 70%, el tiempo requerido para recuperar el sobreprecio podría llegar a los 12 años.

Sin embargo, merece la pena aclarar que esta cuenta simple no contempla algunos elementos que afectan un cálculo más complejo del valor actual, como las distintas tasas de amortización o algunos costos que pueden aparecer al final de la vida útil del vehículo, especialmente los asociados a la disposición de las baterías. En la actualidad, la disposición final de las baterías representa un desafío económico debido a los costos de transporte y reciclaje. Estas baterías, clasificadas como residuos peligrosos, generan más de la mitad de los gastos totales de reciclaje (FCAB, 2021). Al mismo tiempo, existe la capacidad potencial de recuperar una parte de los minerales utilizados en su fabricación, generando un valor económico positivo al final de la vida útil. Sin embargo, la eficiencia en la recuperación de los materiales minerales dependerá de la introducción de nuevas tecnologías de extracción (Lowe et al., 2010).

Figura 18. Período de repago a partir del sobrecosto inicial



Fuente: Elaboración propia en base a precios de OCDE (2021).


A modo de resumen, del análisis expuesto en esta sección se concluye que a nivel mundial se evidencia una fuerte concentración productiva en la industria de EVs. China, la UE y EE.UU. concentran la fabricación de baterías y de vehículos, mientras que los países en desarrollo solamente tienen cierta participación relevante en las actividades aguas arriba asociadas a la extracción de minerales y, en menor medida, a su procesamiento en las etapas iniciales.

En este sentido, la región contiene reservas de los principales minerales utilizados en la elaboración de baterías y, principalmente, tiene uno de los reservorios más relevantes de litio, un mineral que hoy representa un cuello de botella a la expansión acelerada en la producción mundial.


Por otra parte, también se comprobó como el diferencial de precios existentes entre los autos convencionales y los eléctricos en la actualidad, funciona como un limitante al impulso en la demanda. Se requiere de una cantidad considerable de años para compensarlo mediante un menor consumo de la energía requerida para el funcionamiento de los autos eléctricos.

A continuación, en la siguiente sección desarrollan las principales características del modelo de equilibrio general computable utilizado para elaborar una proyección de mediano plazo para la potencialidad de las ventas de autos eléctricos en la región.





# 5. Metodología



Estimando la evolución del mercado de vehículos eléctricos en el mediano plazo.

## I · INTRODUCCIÓN

El análisis cuantitativo del sector de EVs es fundamental a la hora del diseño y estimación de su dinámica futura. Una de las herramientas adecuadas para llevar a cabo este tipo de análisis son los modelos de equilibrio general computable (CGE, por su sigla en inglés). En pocas palabras, estos modelos son una representación abstracta del sistema económico, empleando ecuaciones simultáneas para representar el comportamiento de los agentes económicos y abordar en detalle las interrelaciones que surgen de su actividad en el mercado. La figura 19 muestra un esquema simplificado del flujo circular en el mismo espíritu del *Tableu Economique* de Quesnay (1759), donde se resumen las relaciones entre las firmas, los hogares, el gobierno y el resto del mundo.

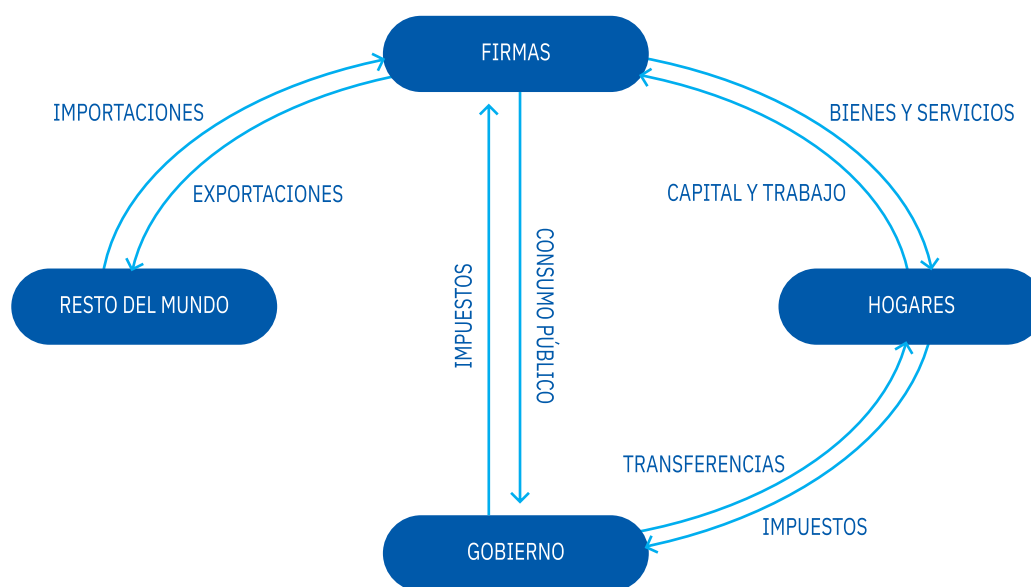


En el contexto de la evaluación de políticas, los modelos CGE permiten analizar cómo diferentes shocks exógenos afectan la asignación de recursos, la producción, el consumo y la distribución de ingresos en toda la economía. Por ejemplo, en el análisis de acuerdos comerciales, los modelos CGE pueden simular el impacto en los flujos comerciales, los precios de los bienes y servicios, la producción y el bienestar general (Giordano et al., 2013). A diferencia de los enfoques de equilibrio parcial o de micro-simulación, los modelos CGE no solo consideran el impacto de los cambios en los precios relativos desde el lado del gasto, sino también desde el lado de los ingresos y de la oferta, teniendo en cuenta a diferentes agentes económicos como empresas, hogares y gobiernos.

Los modelos CGE han sido ampliamente utilizados en el análisis y la evaluación de políticas económicas debido a su capacidad para considerar interacciones complejas entre diferentes sectores económicos, agentes y mercados (Lofgren et al., 2002).

Estos modelos tienen una larga trayectoria en el BID y han sido utilizados para llevar a cabo una amplia variedad de ejercicios de simulación. Uno de los antecedentes más relevantes es el modelo BID-INT, elaborado por Giordano et al. (2013). El desarrollo del modelo BID-INT se ha dividido históricamente en tres etapas. La primera, hasta mediados de los 2000, utilizó una versión estática del modelo para analizar escenarios de integración comercial en América Latina, estudiando entidades como el MCCA, la Comunidad Andina de Naciones, el Mercado Común del Sur (MERCOSUR), el ALCA y acuerdos entre MERCOSUR y la U.E. La posterior etapa, en la segunda mitad de esa década, se centró en el impacto de la integración comercial en la pobreza y desigualdad, expandiendo el modelo BID-INT para incluir microsimulaciones y datos de encuestas de hogares. La tercera etapa, desde finales de los 2000 hasta ahora, ha adaptado el modelo para analizar temas de política económica emergentes, como la migración internacional, mejoras en infraestructura y los efectos del cambio climático.

Figura 19. Diagrama del flujo circular de la economía



Fuente: Elaboración propia.

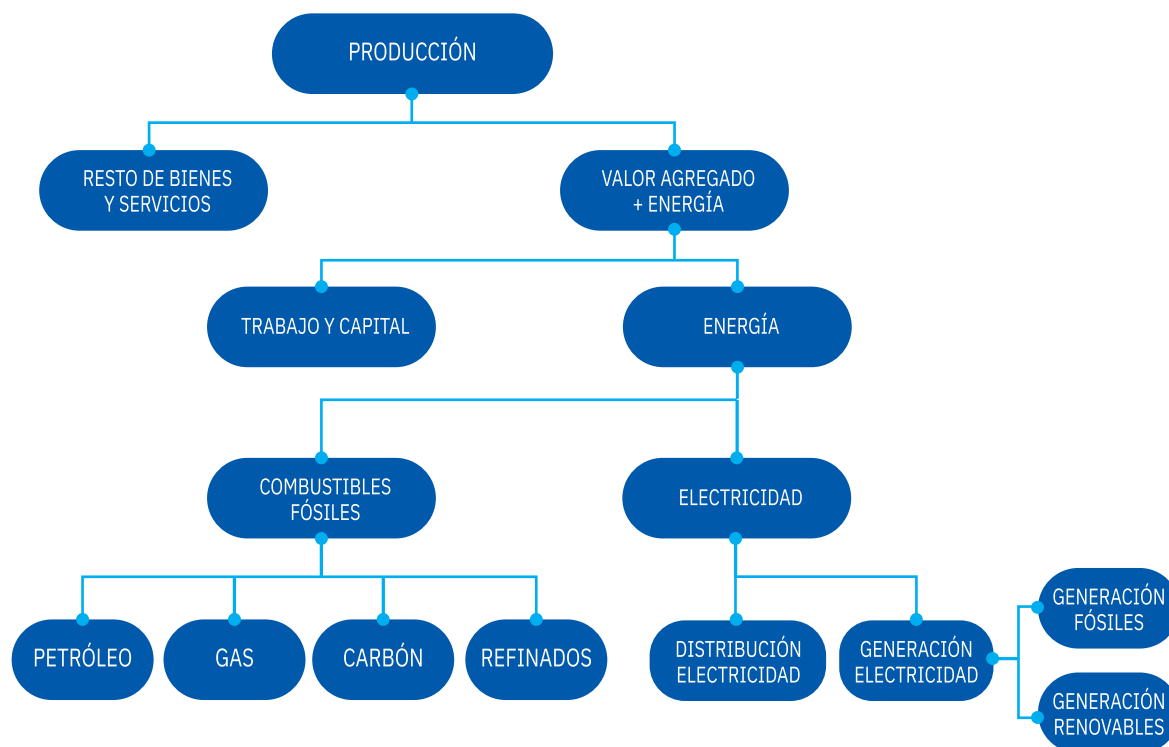
## II · EL MODELO CGE

El modelo utilizado en este trabajo es una adaptación de otros modelos CGE multi-regionales, como el modelo del MIT denominado Predicción de Emisiones y Análisis de Políticas -EPPA, por sus siglas en inglés-, (Gandhi y Paltsev, 2020) o GTAP-POWER (Corong et al., 2017), para ser empleado en la evaluación de las políticas de electromovilidad. Uno de los principales rasgos es su carácter dinámico-recursivo, lo que permite realizar proyecciones a largo plazo, estimando período a período la evolución de las principales variables. La dinámica recursiva refiere a que el modelo se resuelve como una secuencia de equilibrios estáticos, en la que el stock de los factores productivos crece a una tasa exógena en cada período de tiempo (De Melo et al., 1982). A continuación, se desarrolla una breve descripción de los bloques de oferta, demanda, transporte y energía, para comprender en forma más completa las características principales.

La producción se implementa como una serie de funciones anidadas cuyo objetivo consiste en captar la sustituibilidad de los factores de producción y los insumos intermedios. En el primer nivel, cada actividad utiliza una función de producción del tipo Leontief, empleando cantidades fijas de un bien compuesto que utiliza valor agregado e insumos energéticos, por un lado, y del resto de los insumos intermedios, para producir una unidad de producto. En el segundo nivel, las firmas deben decidir su demanda de energía y de valor agregado. El primer producto es un bien compuesto de energía eléctrica y no eléctrica, cuya dinámica siempre dependerá del nivel de producción, transversalmente, y del precio relativo de ambas variedades. Por su parte, el valor agregado está compuesto del factor trabajo y el capital.

En el tercer nivel la demanda de energía no eléctrica puede tener como destino a las fuentes de energía fósiles o un bien compuesto que agrupa a la demanda de electricidad. Se asume que las empresas pueden comprarles directamente a las generadoras o que, también, tienen la posibilidad de adquirir energía comprando a las empresas distribuidoras. En el cuarto nivel de la función anidada se abren nuevas posibilidades. Por un lado, la demanda de fósiles puede provenir del petróleo, gas, refinados o carbón. Por el otro, la electricidad puede generarse indistintamente a partir de distintas fuentes como son la energía térmica, la nuclear y la hidráulica, o a partir de fuentes renovables no convencionales, las cuales se agrupan en el gráfico sólo a fines expositivos. En esta última opción se asume una elasticidad elevada ya que las tres variedades son sustitutos perfectos entre sí, lo cual representa el caso opuesto a una función de Leontief.

Figura 20. Diagrama de la oferta

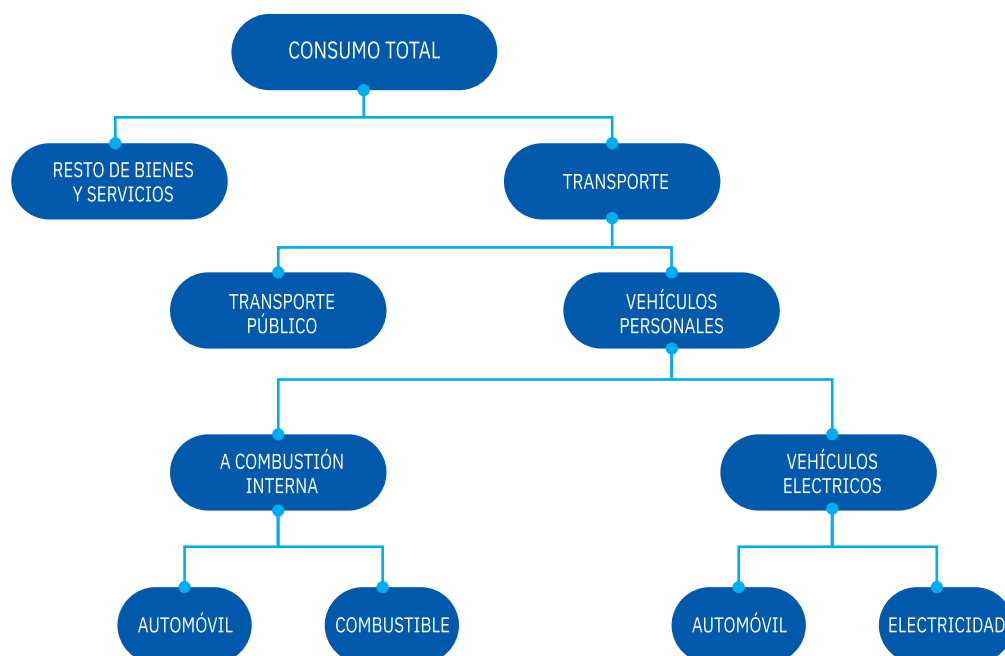


Fuente: Elaboración propia.

El producto obtenido por las firmas en cada sector puede tener como destino final al mercado doméstico o puede ser exportado al resto del mundo. Adicionalmente, mediante una función de elasticidad de transformación constante (CET, por su sigla en inglés), se modelan las decisiones de los productores sobre qué porción de sus exportaciones destinan a cada socio comercial.

Por el lado de la demanda, las compras pueden tener como origen el mercado doméstico o las importaciones. Aquí se emplea una función de elasticidad de sustitución constante (CES, por su sigla en inglés) para agrupar ambos orígenes en un único bien compuesto de consumo, usualmente conocido en la literatura como “bien de Armington”. Este bien compuesto puede tener como destino al consumo final, el consumo público, la demanda intermedia o la inversión (pública y privada). Una vez determinada la participación doméstica e importada, también se modela la demanda de importación desde distintos orígenes mediante una función CES. En línea con el supuesto de Armington, los bienes importados desde distintos países son sustitutos imperfectos entre sí.

Figura 21. Diagrama de la demanda



Fuente: Elaboración propia.

En el contexto de los hogares, el proceso de toma de decisiones se simplifica en comparación con las empresas. En el primer nivel, se supone que los hogares consumen dos categorías de bienes. El primero, denominado “Transporte”, engloba todas las posibles variedades asociadas con la demanda de servicios de transporte. El segundo abarca el resto de bienes y servicios, agrupados en una categoría residual.

En el segundo nivel, los hogares deben determinar la cantidad que desean consumir del servicio de transporte adquirido en el mercado así como la cantidad demandada del bien compuesto denominado como “transporte particular”. Debido a que no se realiza una distinción entre transporte urbano y de larga distancia, este servicio compuesto incluye implícitamente ambas modalidades.

En cuanto al transporte propio, los hogares deben determinar la cantidad que desean consumir de las distintas variedades de vehículos con motor de combustión interna y de EVs. Se asume una elasticidad de sustitución infinita, lo que implica que, en condiciones constantes, ambos tipos de vehículos son perfectos sustitutos entre sí. Por lo tanto, la demanda cambiará significativamente en respuesta a cambios en el precio relativo.

El último nivel de la estructura anidada del modelo aborda la composición de cada tipo de vehículo. Por un lado, la variedad de vehículos con motor de combustión interna incluye el vehículo en sí y el combustible utilizado para impulsarlo, mientras que, por otro lado, la demanda de la variedad de EVs se compone del vehículo en sí y la electricidad utilizada para su funcionamiento.

## BOX 1

### LA CADENA CAUSAL DE LOS IMPACTOS EN EL MODELO CGE

Tal como aparece comentando previamente, las simulaciones comienzan por el cambio en alguna variable exógena o parámetro (determinadas por fuera del modelo), lo que dispara variaciones en el resto de variables endógenas (determinadas dentro del modelo).

Por ejemplo, si se adopta un impuesto al carbono, en el modelo esto conduce a un aumento de los precios en las actividades con una intensidad en emisiones elevada, lo que lleva a una reducción de la demanda de estos bienes y servicios, así como a cambios en la composición de la oferta mediante el crecimiento de actividades con bajas emisiones de GEI. En general, los impuestos al carbono suelen tener un efecto importante sobre el sector de generación eléctrica, al incentivar el reemplazo de fuentes de energía en base al uso intensivo de combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas, etc.) por otras fuentes de energía renovable (nuclear, hidroeléctrica, solar, eólica, etc.).

En el caso del escenario de incentivos a los autos eléctricos, se aplica un subsidio a esta actividad, al tiempo que se impone un impuesto a los autos a combustión interna, lo que genera un cambio en los precios relativos que deriva en un incremento en la demanda de EVs y en una caída de los autos a combustión. Debido a la relevancia inicial de los autos a combustión interna en la demanda de los hogares, restringir o encarecer su compra genera como resultado una baja en la demanda de vehículos particulares, lo que tiende a dar lugar a un aumento del transporte público que es utilizado para moverse. Una de las consecuencias de este tipo de efectos, es que en el corto plazo parte de las emisiones ahorradas por el menor uso de autos particulares, y por el incremento en la incidencia de los EVs, pueden estar siendo compensadas por un aumento en las emisiones del transporte público.

En este estudio no se aborda el desafío de estimar las elasticidades en el sector de transporte, particularmente en relación con los EVs. Dado que la disponibilidad de datos históricos es limitada debido a la relativa novedad de las series de EVs, se recurre a referencias previas en la literatura para obtener dichas estimaciones. En particular, se utilizan las elasticidades empleadas en los trabajos de Paltsev et al. (2008) y Cai et al. (2022), que reflejan la opinión de especialistas sobre la capacidad de respuesta de la demanda ante cambios en los precios relativos.

Figura 22: Elasticidades utilizadas para la demanda de transporte

| DEMANDA DEL CONSUMIDOR              | ELASTICIDAD |
|-------------------------------------|-------------|
| Transporte vs Resto                 | 0,5         |
| Trans. particular vs Trans. Público | 0,2         |
| ICE vs EV                           | $\infty$    |
| Vehículo y Combustible              | 0,4         |

Fuente: Elaboración propia.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel nacional provienen de tres fuentes principales, las cuales se incorporan en forma explícita al modelo. La primera está asociada a las emisiones generadas en forma directa por el consumo energético que realizan las actividades productivas.

$$GEI_{ICE}_{c,j,r} = \varphi_{c,j,r} QINT_{c,j,r}$$

donde  $\varphi$  es el factor de emisiones resultante del consumo intermedio de un bien energético c por la actividad j.

Al igual que las empresas, los hogares también generan emisiones GEI al consumir en forma directa bienes energéticos para cocinar o calefaccionar sus viviendas:

$$GEI_{RCE}_{c,h,r} = \theta_{c,h,r} QH_{c,h,r}$$

donde  $\theta$  es el factor de emisiones resultante del consumo final de un bien energético c por el hogar h.

Por último, en este trabajo se realizó una separación de las emisiones generadas por los hogares para asignar una parte al stock de vehículos existentes. Esta innovación busca capturar la potencial rigidez en la baja de emisiones del sector de transporte particular debido a que dependen del stock de los vehículos eléctricos y a combustión interna, y no del flujo actual. De esta forma, los esfuerzos por descarbonizar el sector deberían ser muy ambiciosos para forzar un reemplazo acelerado del acervo actual.


$$GEI_{STK}_{c,h,r} = \delta_{c,h,r} QCARSTK_{h,r}$$

donde  $\delta$  es el factor de emisiones resultante del stock de vehículos a combustión interna existente al final de período, que pertenece al hogar h.

Los modelos CGE necesitan como insumo para su funcionamiento de datos que los alimenten y que, al mismo tiempo, sean consistentes con las cuentas nacionales y con las ecuaciones que lo componen (Pyatt y Round, 1979). Esta información, dentro de la literatura de los modelos CGE, es usualmente recopilada utilizando la contabilidad propuesta por Richard Stone (1962) en la forma de matrices de contabilidad social (SAM, por su sigla en inglés).<sup>16</sup>

La SAM inicial utilizada en este estudio proviene de Global Trade Analysis Project -GTAP, por sus siglas en inglés-, (Corong et al., 2017). GTAP es una SAM multi-región ampliamente utilizada en el análisis de políticas a nivel internacional para analizar posibles escenarios, poniendo el foco en el comercio internacional y la economía global. Esta base de datos contiene información detallada sobre la producción, el consumo

16 · Una SAM es una representación sintética y estructurada de los flujos de bienes, servicios y factores productivos, así como transferencias de ingresos y los gastos asociados, entre los diferentes sectores económicos y las diferentes unidades institucionales (hogares, empresas, gobierno, instituciones financieras y el resto del mundo) de una economía nacional o regional, que proporciona una base de cálculos para el análisis y la planificación económica y social. En otras palabras, es una herramienta que permite analizar los efectos económicos y sociales de los cambios en la producción, el consumo, la inversión y las políticas públicas.



y el comercio de bienes y servicios, tanto a nivel bilateral como regional. Incluye un total de 140 regiones y países, con una amplia cobertura de los países en desarrollo. Por otro lado, la SAM original incorpora 65 actividades productivas, que mezcla una clasificación “Clasificación Central de Productos (CCP)” aplicada al sector primario, con la clasificación “Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU)”, para el resto de las actividades asociadas a bienes y servicios. También incluye datos sobre los factores de producción, como el capital y el trabajo, así como información sobre los subsidios y los impuestos. Adicionalmente, GTAP también incorpora un módulo de emisiones en base a los consumos de energía (Chepeliev, 2022), el cual es consistente con los flujos monetarios contenidos en la SAM original.

La base GTAP se actualiza periódicamente para reflejar los cambios en la economía global y proporcionar datos actualizados para su uso en análisis económicos. En este trabajo se utiliza la versión 10, cuyo año base es el 2014. Sin embargo, se realizaron algunas modificaciones con el objetivo de incorporar en forma más detallada a la cadena de EVs.

Se realizó una agregación de la SAM a una menor cantidad de sectores (un total de 31) con el objetivo de simplificar los cálculos y el análisis, manteniendo el detalle en los sectores de energía, electricidad y transporte (ver Anexo). Adicionalmente, se agregaron tres actividades que describen los principales elementos del sector de EVs: litio, baterías y EVs. Tal como fue adelantado previamente, en las simulaciones se emplea solamente una categoría agregada de EVs, utilizando como referencia los volúmenes de ventas y comercio observados para las variedades BEV y PHEV, aunque se considera una estructura de costos y de emisiones que refleja solo las características técnicas de los BEV. Esta decisión tiene el objetivo de simplificar el análisis, considerando que -tal como lo hacen diversos estudios- los PHEV son una tecnología de transición (Ghandi y Paltsev, 2020), mientras que al mismo tiempo no son considerados los HEV dentro del stock y flujo de EVs (IEA, 2021.b). Diversos trabajos muestran que hacia 2030 la participación de PHEV en el total de ventas mundial sería de alrededor de un 25%, pudiendo reducirse aún más en el caso de que sean eliminados algunos cuellos de botella que limitan la expansión de los BEV (IEA, 2022.a).

Un punto importante del análisis consiste en determinar e incorporar en la SAM a las estructuras de costos y ventas de los nuevos sectores. Así, estos vectores de costos para los distintos sectores se han derivado de múltiples fuentes de información. En particular, para el análisis de las baterías se ha recurrido a información de Tsiropoulos et al., (2018), Bridge y Faigen (2022) y Lowe et al. (2010). En lo que respecta a la estructura de costos del litio, se han utilizado datos provenientes del reporte de costos de S&P Global (2019), donde se destacan los costos diferenciados para la extracción por roca y salares. Además, para los EVs se han consultado una serie de trabajos donde se presenta en forma detallada la composición del costo final. Entre los más relevantes podemos destacar a Ghandi y Paltsev (2020), Lutsey y Michael (2019), Sen et al. (2019) y Pirmana et al. (2023).

Si bien estos trabajos precedentes brindan en forma simplificada la estructura de compras de estas tres actividades, ha sido necesario recalibrar los valores para ajustarlos

a las definiciones de actividades y productos de la SAM, seguido por la separación de los flujos de las actividades principales. Este proceso requiere de las estimaciones del Valor Bruto de la Producción (VBP) y el Valor Agregado Bruto (VAB) de estas actividades. En el caso del litio, se ajustó la información sobre las cantidades producidas en LCE y se las multiplicó por los precios observados para el período 2018-2020. Adicionalmente, estos precios fueron revisados de acuerdo con el precio de exportación observado en las estadísticas de comercio.

Para las baterías y los EVs, el cálculo es sustancialmente más complejo dado que en los años previos al 2018 los registros de producción para los países de la región son inexistentes. De hecho, incluso en 2022 la información sobre la producción y comercialización de EVs y baterías sigue siendo incierta para la gran mayoría, con datos recopilados por IEA solamente para Brasil, Chile y México. Por lo tanto, se ha asumido que hay una participación marginal en la oferta de vehículos, menor al 1%, lo que da lugar a una demanda específica de baterías domésticas e importadas. Es importante destacar que es imprescindible contar con valores positivos para estas actividades en el período inicial a fin de poder estimar su evolución en las proyecciones a mediano plazo.

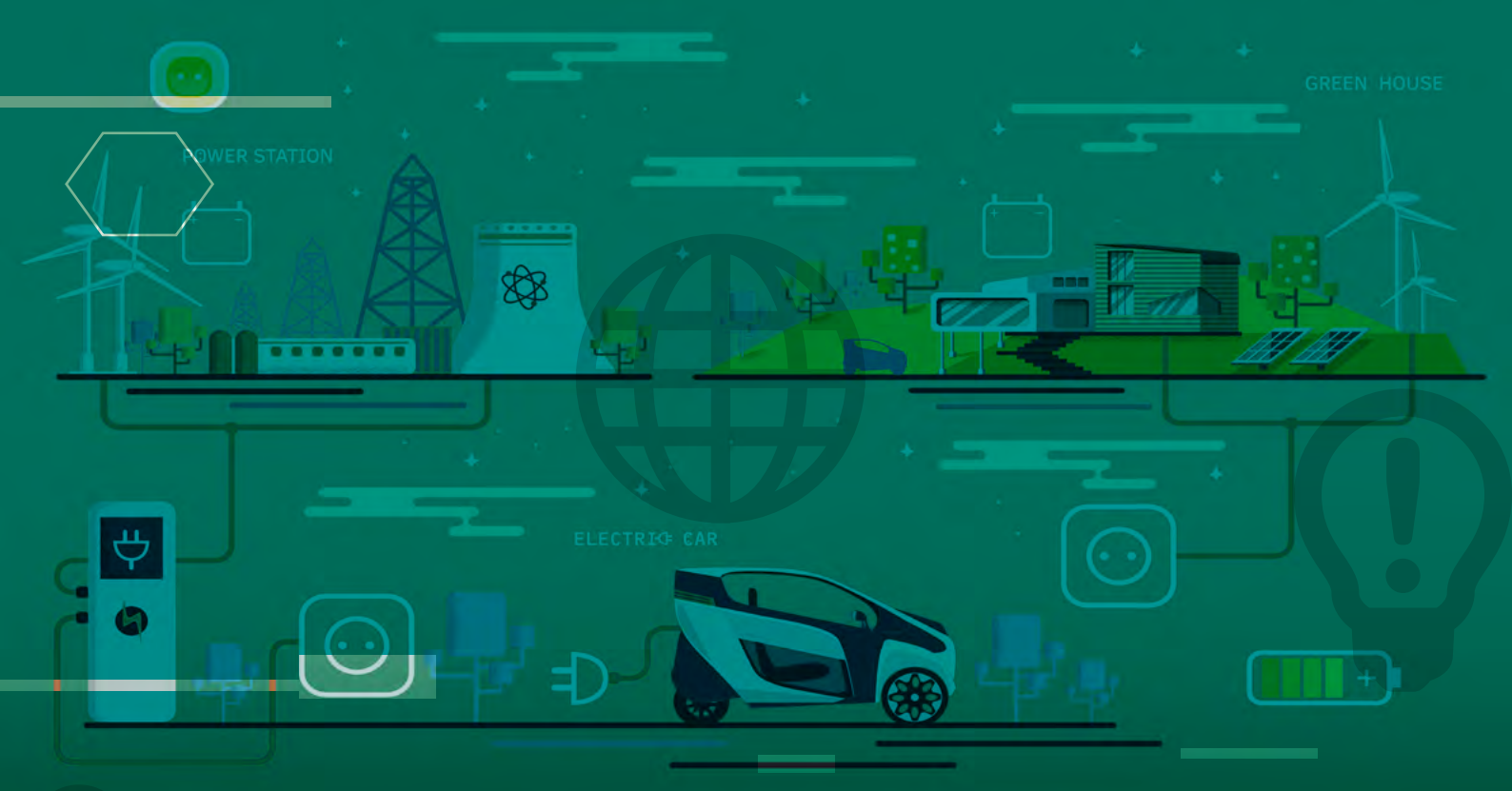
A continuación se exponen las estructuras de costos finalmente implementadas en la matriz. La estructura de costos del litio se compone de diversos insumos, como se puede apreciar en la figura 23. El transporte terrestre y la distribución de electricidad representan alrededor del 3% y 4% respectivamente. La categoría “Otros servicios” aporta otro 5% del costo total, mientras que la extracción de minerales no metálicos y los químicos básicos representan alrededor del 10% y 12%, respectivamente. En términos de valor agregado, el componente laboral constituye alrededor del 23% y el factor capital, el 38%.

La estructura de costos asociada con la producción de baterías de litio se articula en torno a diversos insumos. En términos porcentuales, la minería conforma aproximadamente el 4% del costo total, al igual que el comercio. La producción de metales (níquel, cobre, aluminio, etc.) y el litio mismo aportan el 24% y 10%, respectivamente, al gasto total. El equipamiento eléctrico, crucial en el proceso de fabricación de las baterías, representa cerca del 14% del mismo. El componente laboral participa con aproximadamente un 10%, mientras que la remuneración al capital, que comprende activos fijos como maquinaria y equipos, explica alrededor del 30% del total.

Aguas abajo, la estructura de costos de los EVs se compone de la siguiente forma. El comercio y los otros insumos industriales participan, cada uno, con un 4%. La producción de metales, incluyendo el acero y el aluminio, aporta un 7% a los costos de fabricación. Las autopartes suponen cerca del 12% del costo total, mientras que las baterías ostentan una contribución considerable del 22%. El componente laboral representa aproximadamente el 14%, mientras que el capital concentra alrededor del 27% del total.

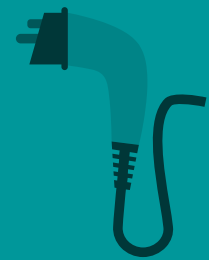






# 6. Escenarios y resultados

Simulando los efectos de las políticas de incentivos a la industria de vehículos eléctricos.



Una vez que se tienen todos los elementos necesarios, es hora de proceder con las simulaciones que generen las proyecciones hacia el año 2030. En general, cuando se emplean modelos computacionales se suele desarrollar un escenario de base para ser utilizado como punto de referencia o comparación por el resto de los escenarios de política. Habitualmente, en los escenarios alternativos se modifican algunos supuestos del escenario base, o bien se introduce algún shock exógeno para evaluar cómo cambian las principales variables del modelo. Así, el próximo paso en nuestros ejercicios de simulación consiste en desarrollar el escenario Business as Usual (BaU, por sus siglas en inglés). Como característica principal, este escenario supone que los países no toman medidas concretas para mitigar los efectos adversos del cambio climático, por lo que este escenario puede no ser viable desde el punto de vista práctico ya que podría conducir a una trayectoria climática no factible (IMF, 2022).

En el BaU, en primer lugar, se asume un crecimiento exógeno del Producto Bruto Interno (PBI) tomando los datos observados para el período 2014-2021 e incorporando las proyecciones de crecimiento a mediano plazo realizadas por el IMF (World Economic Outlook, 2022) y el Banco Mundial (Devadas y Pennings, 2019). Adicionalmente, se utilizan las estimaciones de crecimiento poblacional del Banco Mundial hacia 2030 para calibrar la dinámica de la fuerza laboral. La productividad se estima utilizando los datos contenidos en la Penn World Table<sup>17</sup> para los últimos cinco años y se asume una dinámica similar hacia 2030. Finalmente, en base a esta información, se asume un crecimiento anual del stock de capital en forma residual durante el período analizado.

En el caso específico de los vehículos livianos, se asume un cambio exógeno en las preferencias de los hogares hacia los EVs, simulando un cambio estructural progresivo en la demanda a lo largo del tiempo. De esta manera, se busca incorporar un efecto estructural en el modelo que no esté relacionado con la evolución de los precios relativos.

Además, se considera que la cadena de producción de EVs tendrá condiciones excepcionales de desarrollo debido a su condición de sector innovador y dinámico. Por lo tanto, se asume un aumento anual en la productividad del 3%, tres veces mayor al asumido en promedio para el resto de la economía. Este aumento en la productividad permite que la industria de vehículos eléctricos requiera menos trabajo y capital para producir una misma unidad de producto. Dados los mercados competitivos, esta suba en la productividad se transmite a los consumidores a través de precios más bajos, lo que a su vez conduce a un aumento de la demanda y de los niveles de producción.

A continuación, se presentan los escenarios de política diseñados para analizar el desarrollo del sector de EVs, considerando la producción de litio y baterías de manera conjunta:

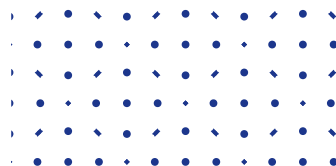
1 · Escenario Base (BaU): en este escenario, la economía en su conjunto experimenta un crecimiento basado en los parámetros exógenos utilizados. Los países no implementan medidas de mitigación efectivas ni políticas de fomento de los EVs.

2 · Escenario de Contribución Determinada a Nivel Nacional: en este escenario los países implementan un impuesto al carbono sobre las actividades productivas y la demanda final, con una tasa creciente en el tiempo, con el objetivo de cumplir los compromisos del Acuerdo de París (Chen et al., 2020).

3 · Escenario Moderado: en este escenario, los países aplican impuestos a los vehículos de combustión interna y subsidios cruzados para la compra de EVs. El propósito consiste en modificar los precios relativos y generar mayores incentivos para la adopción de EVs por parte de los consumidores. Sin embargo, estos incentivos son limitados y menores a los aplicados en el escenario optimista.

4 · Escenario Optimista: en este escenario, los países aplican impuestos a los vehículos de combustión interna y subsidios cruzados para la compra de EVs mayores a los del escenario anterior con el objetivo de impulsar en forma más agresiva la adopción de EVs.

17 · Groningen Growth and Development Centre. Accedido 12.09.2023: <https://www.rug.nl/ggdc/productivity/pwt/?lang=en>

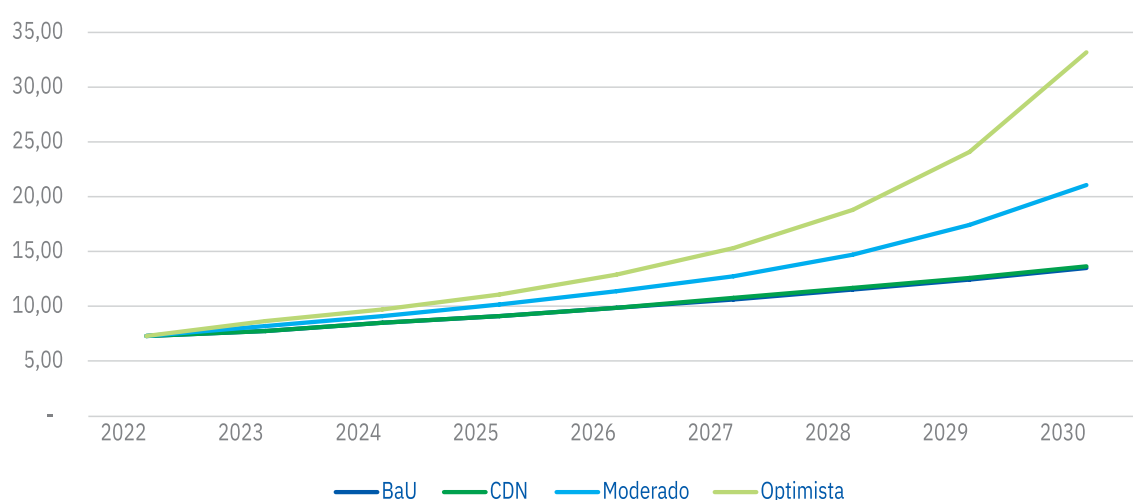


## I · RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

En esta sección se presentan los resultados obtenidos con base en los escenarios planteados anteriormente. En todos los casos se comparan los resultados de los escenarios de política con los alcanzados en el escenario base, con el objetivo de aislar los efectos de los cambios en la política respecto a los demás factores que influyen en la dinámica general de la economía. En términos generales, el escenario CDN no se traduce en un aumento significativo en la demanda de EVs. Esto se debe a que el cambio en los precios relativos del combustible no es lo suficientemente relevante como para generar grandes incentivos a los hogares para que cambien su demanda. Por el contrario, en los escenarios en donde se simula una variación en los precios relativos de los autos a combustión y eléctricos, la demanda crece en forma considerable con respecto al escenario base, incrementándose un 55% en el escenario moderado y un 145% en el optimista.

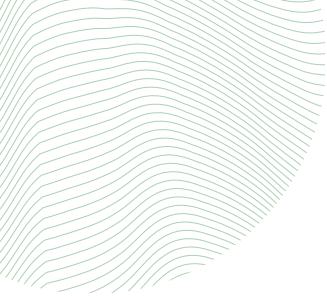
La figura 24 ilustra el impacto potencial de las intervenciones relacionadas con la adopción de EVs en las ventas globales. En el escenario optimista analizado se proyecta un crecimiento significativo, que alcanza un total de 33,4 millones de vehículos vendidos anualmente hacia 2030<sup>18</sup>, lo que equivale a aproximadamente US\$1 trillón, mientras que en un escenario moderado las ventas serían de alrededor de 23 millones de vehículos. En contraste, tanto el escenario base como el escenario de Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional muestran cifras más modestas, con alrededor de 13 millones de EVs vendidos. Estos resultados resaltan el impacto significativo que las medidas de intervención pueden tener en la expansión de la industria de EVs, tanto en términos de volumen de ventas como de valor económico.

Figura 24. Evolución de las ventas mundiales de vehículos eléctricos en los escenarios simulados



Fuente: Elaboración propia en base a las simulaciones.

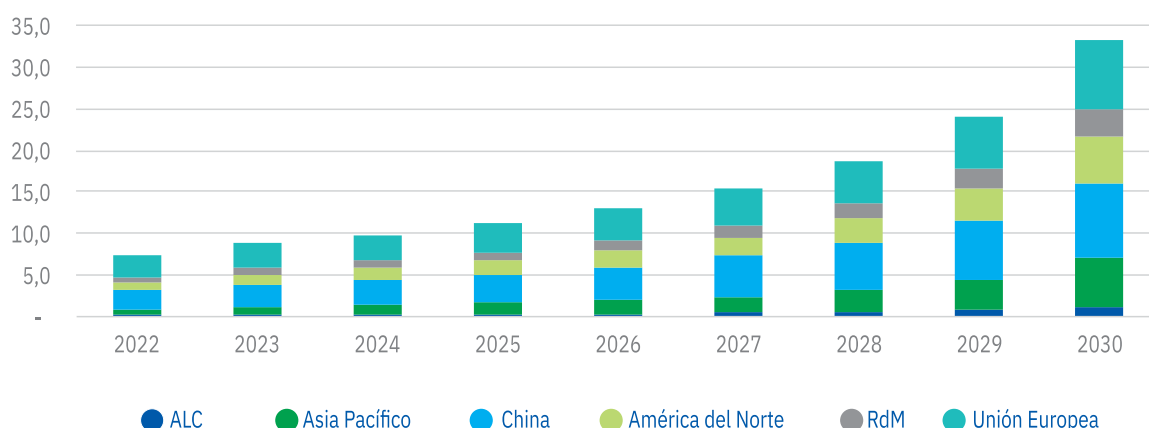
18 · Las estimaciones del escenario optimista no difieren significativamente de las realizadas por IEA (2022), en donde se estiman unas ventas globales de 37 millones para 2030.



La figura 25 muestra la distribución regional de las ventas de EVs a nivel mundial hacia el año 2030. Según los resultados obtenidos, China se destaca como el mercado líder, con una participación de más del 26% en las ventas globales de autos eléctricos. Esta cifra refleja la fuerte inversión realizada por China en los primeros pasos de la movilidad eléctrica, respaldada por políticas gubernamentales proactivas (IEA, 2022.a). En segundo lugar se encuentra la U.E., que se proyecta como un mercado clave con una significativa participación en las ventas globales de EVs (25%), seguido por Norteamérica que tiene una participación ligeramente menor, en torno al 17%.

Las simulaciones obtenidas, muestran una caída tendencial en la participación de estas tres regiones a lo largo del tiempo, como resultado de la madurez de su mercado y del desarrollo acelerado de otras regiones, pasando de un 78% en 2022 a un 68% en 2030. Esta caída tiene como contrapartida un aumento en la participación de América Latina y el Caribe, pasando del 2% al 4% de las ventas mundiales de autos eléctricos hacia 2030, mientras que Asia Pacífico explicaría el 18% hacia 2030, partiendo de un 11% en 2022.

Figura 25. Evolución de las ventas mundiales de vehículos eléctricos en el escenario optimista. Distribución a nivel regional



Fuente: Elaboración propia en base a las simulaciones.

Las figuras 26 y 27 presentan la proyección de las ventas regionales de EVs en diferentes escenarios simulados. Nuevamente, solo en los escenarios de intervención se observan cambios significativos. La información recopilada revela un panorama prometedor para la adopción de EVs en la región. En el escenario simulado más optimista, México lidera las ventas de EVs, con una estimación de más de 350.000 vehículos para el año 2030, lo que representa una diferencia de 235.000 con respecto al escenario base (+165%). Brasil, por su parte, muestra un sólido desempeño, proyectando alrededor de 250.000 EVs vendidos para el mismo período, un 200% superior al escenario base. En el resto de Sudamérica se prevé un total de 200.000 EVs vendidos para 2030 (+200%). Chile se destaca con aproximadamente 140.000 vehículos (+435%), seguido de la Argentina (+270%) y Centroamérica, con casi 90.000 unidades (+200%). Finalmente, Colombia alcanzaría la cifra de 77.000 (+250%) y CARICOM estaría cerca de los 45.000 (+450%).

En lo que respecta a la composición de las ventas, merece la pena resaltar que el punto de partida es una participación de EVs cercana a cero en la mayoría de los casos. Hacia 2030, algunos países como la Argentina, Chile, Colombia, y CARICOM la incidencia de los EVs en las ventas superaría el 20%, mientras que en Brasil, México, Centroamérica y resto de Sudamérica la cifra rondaría entre un 8% y 15%.

La diferencia en los resultados obtenidos está motivada por distintos factores estructurales que tienen que ver con el crecimiento de largo plazo de estas economías, la disponibilidad de insumos esenciales, el tamaño actual de su sector automotriz y la orientación regional de su comercio exterior. Estas cifras reflejan el interés y los avances en la adopción de EVs en estos países, así como una tendencia positiva hacia la penetración en América Latina.

Figura 26. Evolución de las ventas de vehículos eléctricos en los escenarios simulados. Distribución a nivel regional: México, Brasil y Resto de Sudamérica

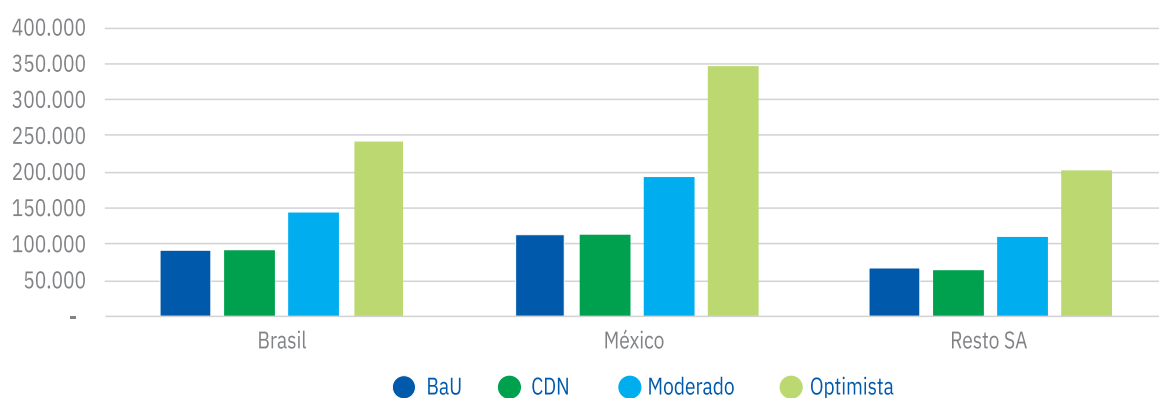
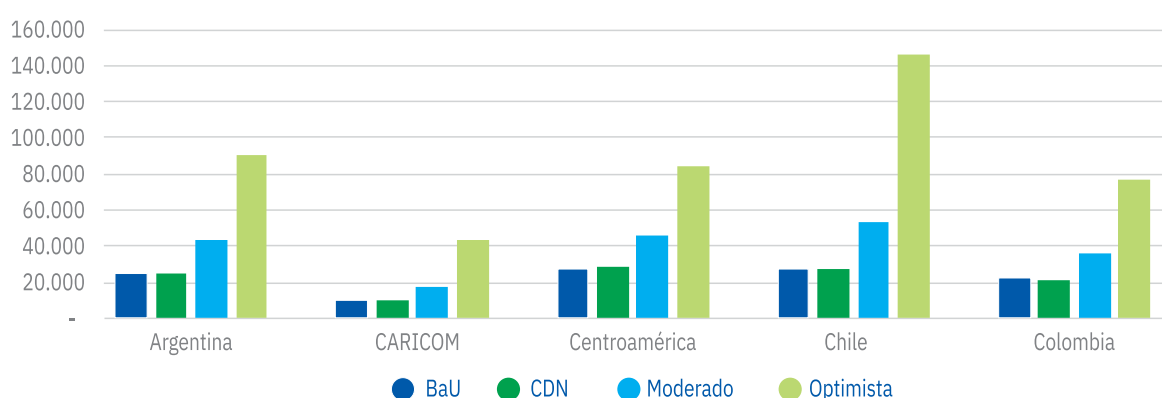
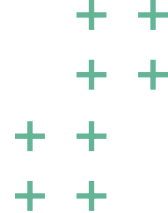


Figura 27. Evolución de las ventas de vehículos eléctricos en América Latina y el Caribe en los escenarios simulados



Fuente: Elaboración propia en base a las simulaciones.

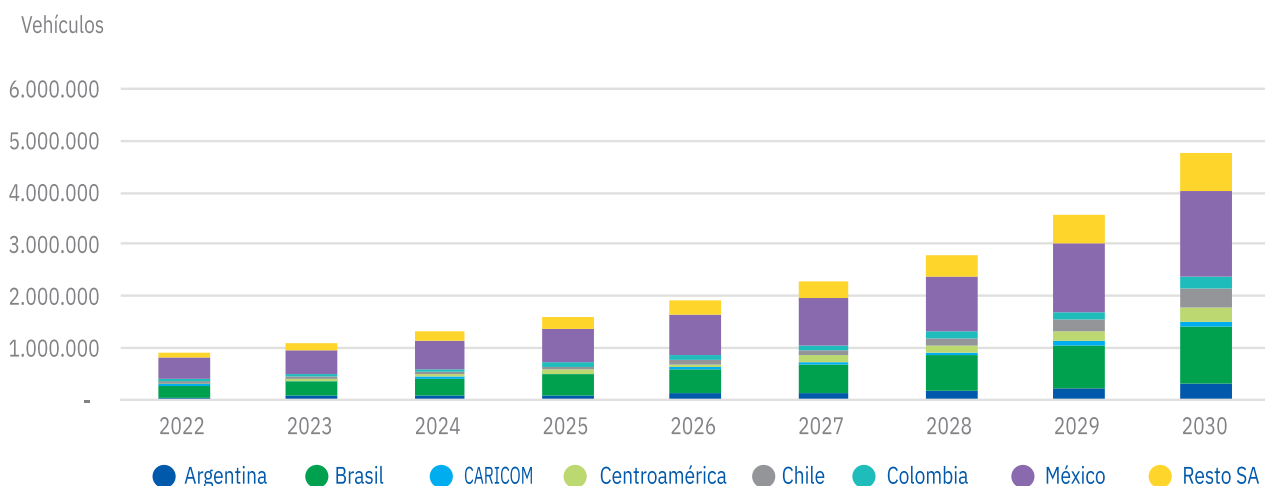
La figura 28 presenta la proyección del stock de EVs por región en América Latina hacia el año 2030. Los datos simulados revelan una adopción creciente de EVs en la región



y su impacto en la movilidad sostenible. México lidera la transición hacia EVs, con una estimación de más de 1,65 millón de EVs en su stock para 2030. Brasil también destaca con alrededor de 1,1 millón de EVs proyectados.

En el resto de América del Sur, se espera que Chile cuente con un stock de aproximadamente 360.000 EVs, seguido de la Argentina con alrededor de 300.000 unidades y Colombia con 235.000. Las regiones de CARICOM y Centroamérica proyectan stocks de alrededor de 120.000 y 280.000 EVs, respectivamente. Además, se prevé que el resto de América del Sur alcance un stock total de 740.000 EVs. Si bien los datos sobre el stock del parque automotor total en cada país no es homogéneo, ni está disponible en todos los casos, algunos cálculos preliminares señalan que los EVs hacia 2030 representarán entre un 2% y un 5% del stock total de vehículos en estas economías.

Figura 28. Evolución del stock de vehículos eléctricos en América Latina y el Caribe, en el escenario optimista



Fuente: Elaboración propia en base a las simulaciones.

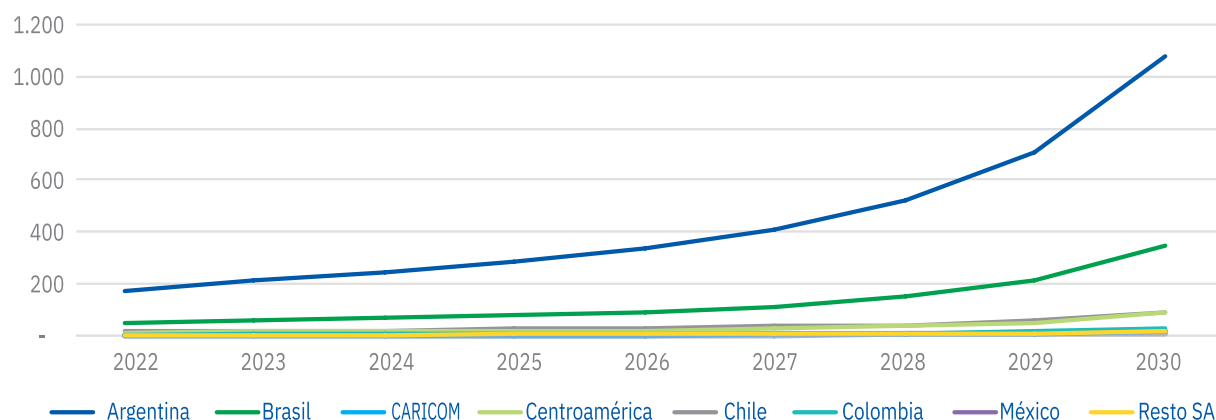
Los efectos del desarrollo del mercado de EVs sobre los flujos comerciales son bastante complejos de estimar, debido al rol de las empresas multinacionales y a los flujos de IED a nivel internacional. Dado que la mayoría de las decisiones de localización de la producción, la organización de una cadena regional de valor, y el desarrollo de proveedores regionales, dependen de estas compañías y su afán por minimizar costos y maximizar beneficios (Humphrey y Memedovic, 2003). En este sentido, el modelo utilizado puede no capturar en forma precisa estos factores que, actualmente, aún presuponen un grado importante de incertidumbre.

En términos del modelo, el incremento en los flujos comerciales se debe a dos factores principales. Por un lado, el crecimiento en la demanda de EVs en cada país supone el desarrollo de una oferta requerida para satisfacerla. En este sentido, dependiendo de la disponibilidad de insumos y factores, cada país tiene cierta capacidad de proveer localmente a la creciente demanda de EVs. Así, aquellos países que no cuenten con los recursos necesarios para desarrollar una industria local de EVs van a intentar satisfacer

su demanda mediante un incremento en las importaciones. Por otra parte, el desarrollo de la industria en China, EE.UU. y la U.E., genera una capacidad inicial que permite que estos países se posicionen como grandes exportadores en el mediano plazo.

En la figura 29 se presentan los resultados del comercio exterior en el escenario optimista. En términos de exportaciones, México lidera en la región, proyectando un valor de aproximadamente US\$ 1 mil millones para el año 2030. Le siguen Brasil, con alrededor de US\$ 350 millones, y Centroamérica y la Argentina, con alrededor de US\$ 90 millones. Otros países de la región también contribuyen a las exportaciones, aunque en forma poco significativa. En casi todos los casos, los aumentos estimados en el escenario optimista se ubican entre un 200% y un 300% con respecto a los valores observados en el BaU.

Figura 29. Evolución de las exportaciones de EVs en América Latina y el Caribe, en el escenario optimista (En millones de US\$)



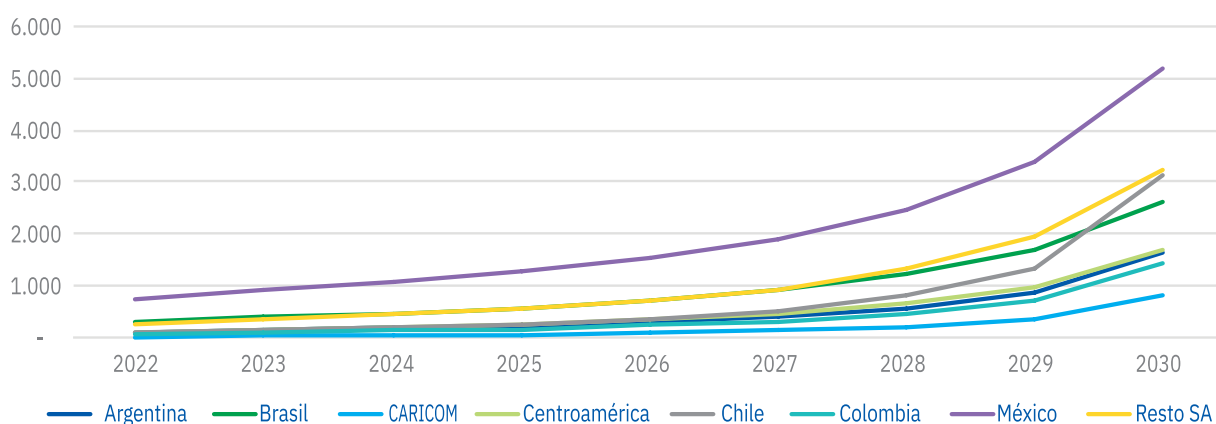
Fuente: Elaboración propia en base a las simulaciones.

En cuanto a las importaciones, México también lidera en la región, con una proyección de aproximadamente US\$ 5.000 millones para el año 2030, lo que cubriría alrededor del 40% de su demanda anual de vehículos livianos eléctricos. Le sigue de cerca el Resto de Sudamérica con alrededor de US\$ 3.000, mientras que Brasil registraría alrededor de US\$ 2.500 millones hacia 2030. Otros países de la región registran cifras más bajas en términos de importaciones. La Argentina proyecta alrededor de US\$ 1.600 millones; Chile alrededor de US\$ 3.000 millones; Colombia alrededor de US\$ 1.500 millones; CARICOM US\$ 850 millones, y Centroamérica US\$ 1.700 millones.



Figura 30. Evolución de las importaciones de EVs en América Latina y el Caribe, en el escenario optimista (En millones de US\$)

Millones de USD



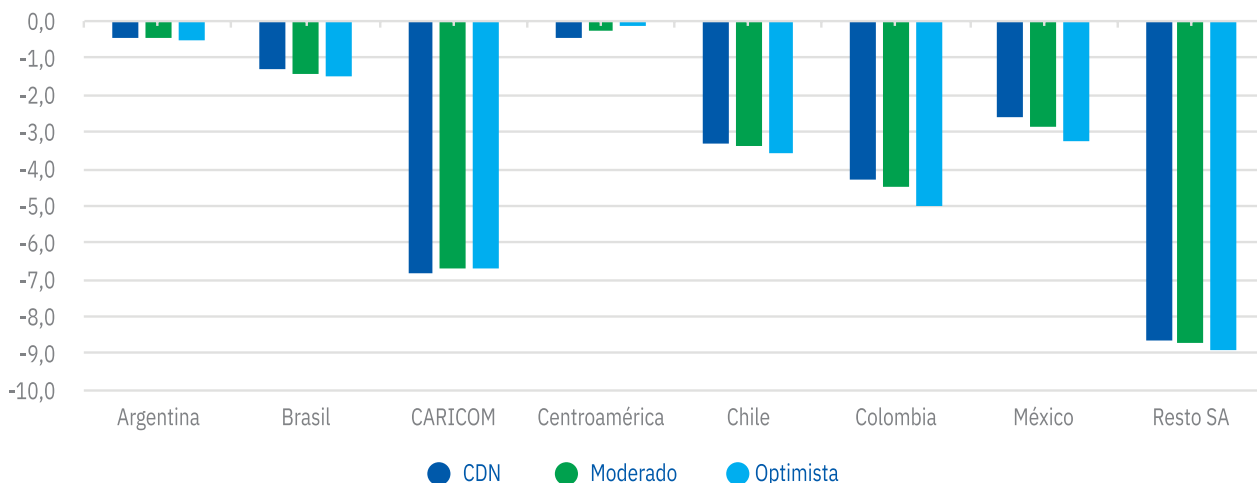
Fuente: Elaboración propia en base a las simulaciones.

En lo que respecta a las emisiones de CO<sub>2</sub>, los escenarios simulados plantean una caída sustantiva en las emisiones comparado con la trayectoria exhibida en el BaU. Las caídas rondan entre el 10%, en el resto de Sudamérica, y un 0,1% en el caso de Centroamérica. Estas diferencias en los resultados se explican parcialmente por el impacto diferencial de los CDN sobre la matriz energética de cada país, en donde resulta relevante considerar la combinación inicial de la oferta energética y de las posibilidades de cada país de modificar dicha composición pasando a un mayor uso de fuentes renovables.

Sin embargo, también se puede observar una pequeña diferencia en el cambio en las emisiones entre los escenarios de política sectorial y los CDN, por lo que su contribución para reducir las emisiones agregadas parece ser limitada. La principal explicación de este fenómeno se relaciona con dos factores principales. El primero tiene que ver con que la descarbonización del sector de transporte es sumamente compleja, ya que las emisiones no dependen del flujo sino del stock. La composición del stock cambia lentamente en el tiempo debido a la baja penetración inicial de los EVs, por lo que se necesita un cambio significativo en el flujo para torcer el rol preponderante de los vehículos a combustión en el stock y, con ello, limitar en forma drástica las emisiones. Tal como fue estimado previamente, la baja incidencia de los EVs en el parque automotor hacia 2030 impide generar una baja sustantiva en las emisiones.

El segundo factor tiene que ver con las limitaciones observadas al aplicar políticas específicamente dirigidas al sector de vehículos particulares. En este sentido, si el cambio estructural impone costos adicionales para los hogares, parte de las emisiones ahorradas en el sector de transporte particular pueden verse parcialmente compensadas por un crecimiento en las emisiones del transporte público. Por lo tanto, las emisiones ahorradas en una parte del sector del transporte son compensadas por aumentos en los otros rubros. Este resultado pone en evidencia la necesidad que tienen los gobiernos de encarar una política global para el sector de transporte, que incluya objetivos claros para la descarbonización del transporte público.

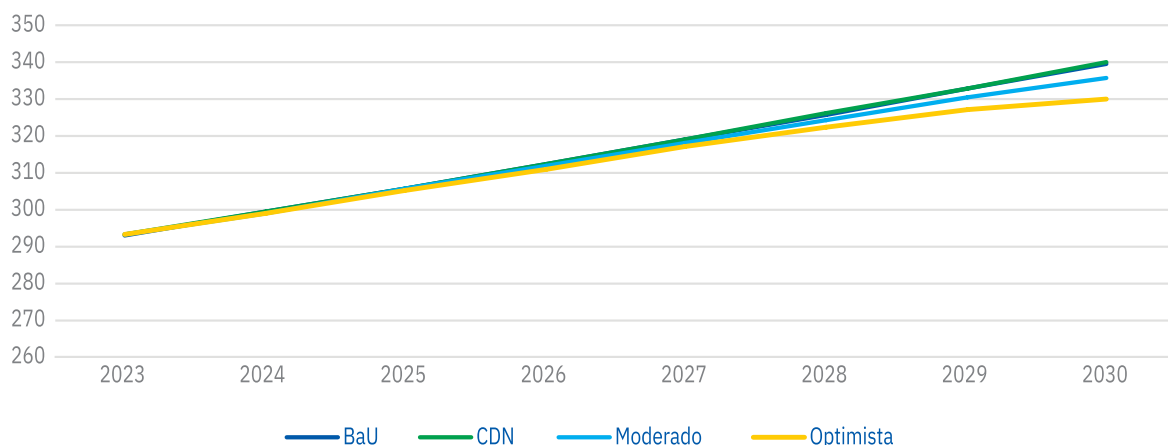
Figura 31. Diferencia porcentual en las emisiones de CO<sub>2</sub> en cada escenario con respecto al BaU (% de diferencia en 2030)



Fuente: Elaboración propia en base a las simulaciones.

En la siguiente figura se puede ver con claridad el primer efecto mencionado acerca del aumento gradual de los EVs sobre el stock total. Aquí se observa cómo en los dos escenarios de estímulo, considerando a las emisiones de vehículos particulares para el conjunto de los países de América Latina y Caribe, la trayectoria de las emisiones comienza a divergir a medida que se avanza en el tiempo. Si bien al comparar el escenario optimista con respecto al BaU, la diferencia en las emisiones en 2030 es de solo 3,2%, lo cierto es que de continuar la tendencia esta brecha puede superar el 10% hacia 2040, continuando con la penetración de los EVs en las ventas totales de automóviles. En caso de que el impulso fuera mucho mayor, las diferencias serían sustanciales hacia 2050, generando una contribución significativa a la reducción de emisiones y colaborando con los objetivos de emisiones netas cero.

Figura 32. Emisiones de CO<sub>2</sub> de los vehículos particulares en cada escenario, para América Latina y Caribe en su conjunto (MtCO<sub>2</sub>)



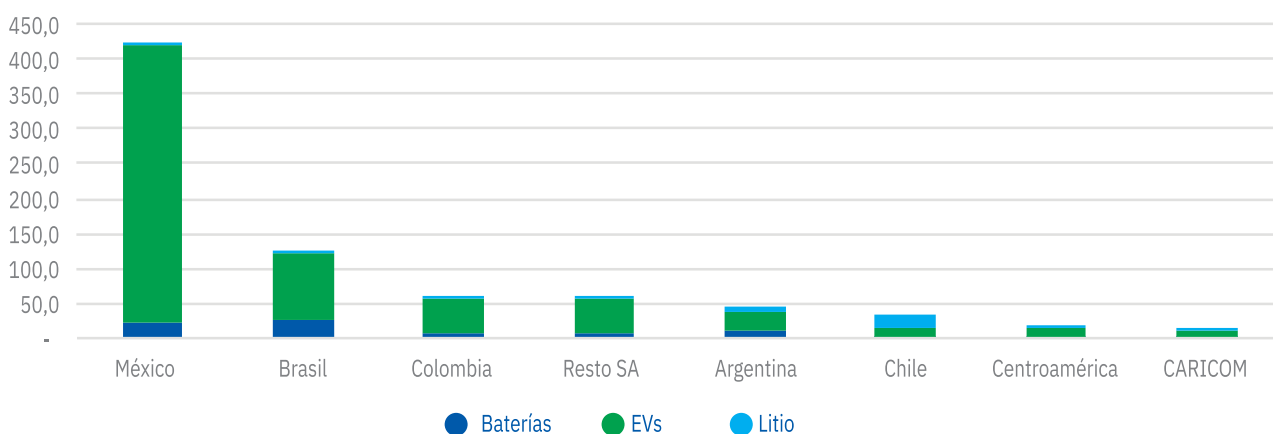
FUENTE: Elaboración propia en base a las simulaciones.

La figura 33 muestra los puestos de trabajo generados en la industria de EVs en diferentes países de América Latina, desglosados por sector, desde 2022 hasta 2030. En el sector de baterías, Brasil lidera en términos de empleo generado, con aproximadamente 25.000 puestos de trabajo proyectados para el año 2030. Le siguen México, con alrededor de 20.100 puestos de trabajo, y la Argentina, con alrededor de 12.200 puestos de trabajo. Otros países de América del Sur también contribuyen significativamente al empleo en este sector: Colombia con 6.300, CARICOM con 1.200 y Centroamérica con 900 puestos laborales, mientras que el resto de los países totalizan 8.500.

En cuanto al sector de litio, los resultados están concentrados en los dos productores principales. Chile se destaca como el principal generador de empleo, proyectando alrededor de 18.300 puestos de trabajo para 2030, mientras que para la Argentina la creación de nuevos puestos rondaría los 6.500 empleos.

Finalmente, en el sector de EVs, México lidera con una estimación de alrededor de 400.000 puestos de trabajo para 2030. Brasil sigue de cerca, con alrededor de 96.000 empleos proyectados. Otros países de América del Sur también demuestran una participación significativa en la generación de empleo en este sector, con Colombia en 50.000 puestos de trabajo, CARICOM en 9.800 y Centroamérica en 14.700 empleos. La Argentina muestra un crecimiento de alrededor de 26.000 puestos de trabajo, mientras que el resto de los países sumarían unos 46.000 puestos laborales.

Figura 33. Creación de puestos de trabajo en la cadena de EVs (En miles de puestos de trabajo) en el escenario optimista



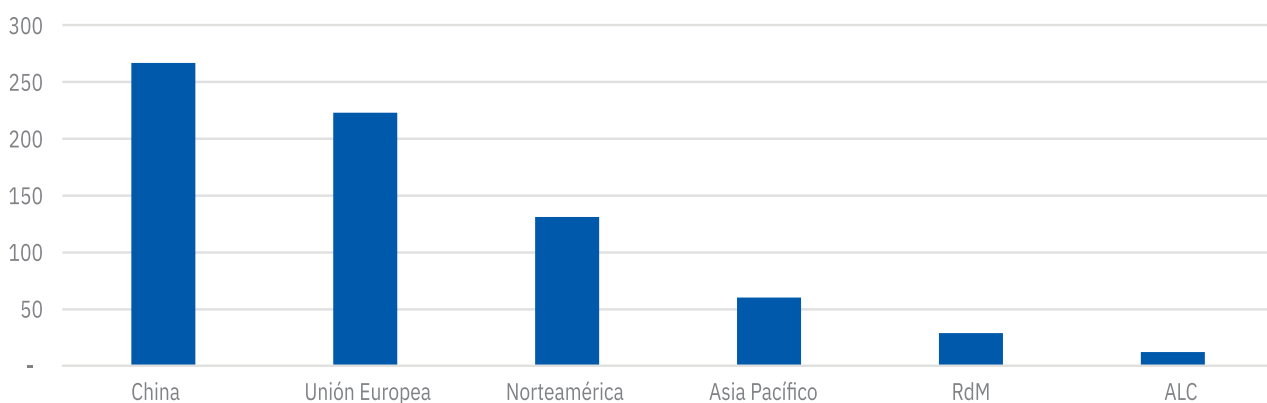
Fuente: Elaboración propia en base a las simulaciones.

El análisis de las inversiones acumuladas entre 2018 y 2030 en el sector de EVs revela una clara concentración geográfica de estos desembolsos, los cuales están asociados, en última instancia, al tamaño potencial del mercado de EVs. Resulta importante aclarar que aquí no se estaría considerando el origen de las inversiones, sino solamente el mercado de destino en donde se realizan<sup>19</sup>. En base a nuestras estimaciones, China lideraría el

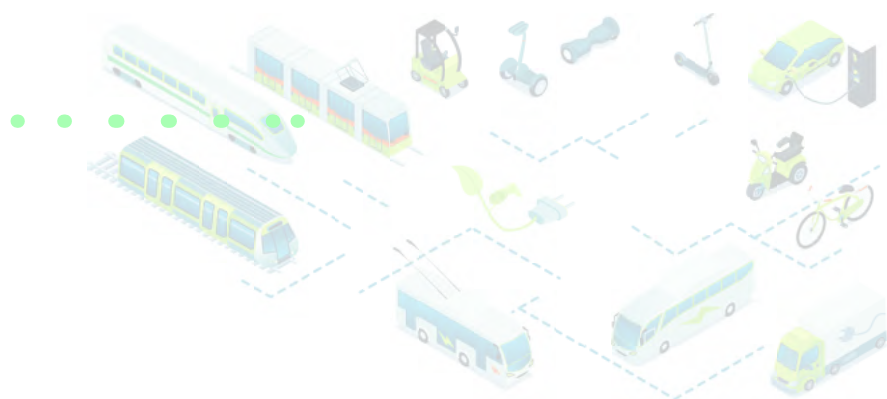
<sup>19</sup> · Por ejemplo, si Tesla invierte en una nueva planta de vehículos en China, esa inversión es contabilizada como si perteneciera a China.

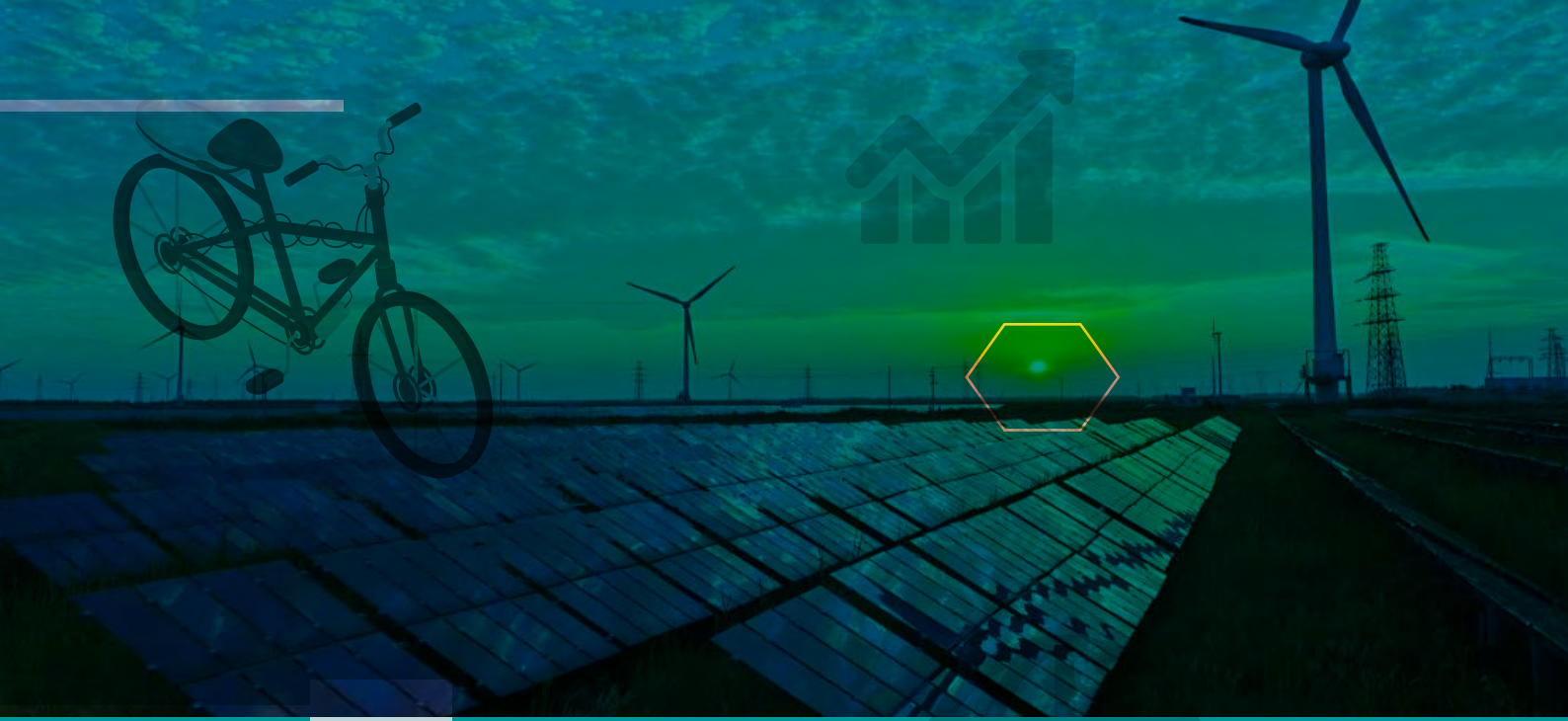
ranking con una inversión acumulada de US\$ 265.000 millones (aproximadamente, un 2,5% del PBI), seguida de cerca por la U.E. con US\$ 220.000 millones (1,5% del PBI). Norteamérica, por su parte, concentraría un total de US\$ 130.000 millones invertidos (0,7% del PBI). La región de Asia Pacífico, excluyendo a China, muestra una dinámica virtuosa con una inversión cercana a los US\$ 60.000 millones (0,5% del PBI). Por otro lado, en regiones como América Latina y el Caribe, y el Resto del Mundo, se percibe una inversión comparativamente menor, con US\$ 12.000 (0,2% del PBI) y US\$ 29.000 millones, respectivamente. Nuevamente, esta distribución geográfica de las inversiones está concentrada en China, Europa y los EE.UU., lo que plantea serios interrogantes sobre las posibles implicancias para la equidad global en términos de desarrollo tecnológico y la mitigación del cambio climático.

Figura 34. Inversiones en vehículos eléctricos (En miles de millones de US\$, 2018 - 2030)



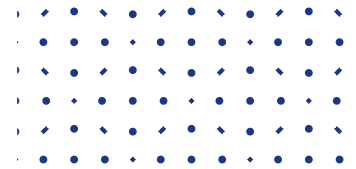
FUENTE:Elaboración propia en base a las simulaciones.





# 7. Políticas actuales para el fomento de la movilidad sostenible y la transición energética

La región de ALC avanza aceleradamente hacia la movilidad sustentable con el fin de alcanzar los firmes compromisos de reducción de GEI que se han fijado para el sector de transporte. En la primera edición de los documentos denominados Contribución Determinada a Nivel Nacional (CDN) establecidos en el Acuerdo de París, 27 de los 33 países de ALC identificaron al sector de transporte como prioritario para alcanzar las metas suscritas de reducción de emisiones. Asimismo, en 2019, 13 países de la región señalaron específicamente a la movilidad eléctrica dentro de los compromisos asumidos (PNUMA, 2021).



Así, la mayoría de los países de la región están sancionando estrategias nacionales para promover el uso de la movilidad eléctrica, especialmente en el transporte público de pasajeros. Chile, Colombia, Costa Rica, Guatemala, Panamá<sup>20</sup>, Paraguay<sup>21</sup> y República Dominicana<sup>22</sup> ya cuentan con políticas nacionales vigentes para alcanzar el objetivo asumido. En tanto, otro grupo de países está trabajando en desarrollar sus estrategias: la Argentina, Bolivia, Ecuador, El Salvador, Honduras, México, Nicaragua, Uruguay y Paraguay.

Asimismo, ALC tiene el mayor uso de buses per cápita y es la segunda región más urbanizada del mundo, ya que 80% de sus habitantes viven en ciudades (PNUMA, 2021). En consecuencia, el transporte público urbano y el transporte de carga representan actividades que son clave para los gobiernos a la hora de desarrollar sus estrategias nacionales de movilidad eléctrica, dado el alto potencial del impacto en la reducción de GEI que su transición implica.

## ARGENTINA

En la Argentina los primeros esfuerzos para promocionar la movilidad eléctrica datan de 2016, cuando el Ministerio de Transporte convoca la Mesa Interministerial de Transporte Sustentable (Baruj et al., 2021). Los trabajos concluyeron en el Decreto del Poder Ejecutivo 331/2017<sup>23</sup>, que hoy en día continúa siendo una de las principales herramientas de incentivo al sector. El mismo otorga un beneficio arancelario a los vehículos con nuevas motorizaciones importadas, que en lugar de pagar un Derecho de Importación Extrazona del 35%, abonarán uno más bajo: del 5% (híbridos), 2% (eléctricos puros) y 0% los modelos armados en el país con kits de piezas formato Completely Knocked Down (CKD) o eléctricos con celdas de combustible de hidrógeno. El beneficio se otorga por un cupo máximo que, en la última actualización (decreto 617/2021), fue de 4.500 unidades<sup>24</sup> y que se prorrogaron hasta marzo de 2023.

A su vez, la Argentina estuvo trabajando en el desarrollo de un plan estratégico nacional que le otorgue un marco normativo integral para la promoción de la agenda. El Proyecto de Ley de Promoción de la Movilidad Sustentable fue presentado inicialmente en 2019, aunque no se logró avanzar en su presentación original y perdió estado parlamentario<sup>25</sup>. Sin embargo, los objetivos del proyecto quedaron plasmados en la cuarta misión del Plan de desarrollo “Argentina Productiva”<sup>26</sup>, referido a la movilidad del futuro.

20 · “Resolución de Gabinete N° 103/2019: Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica”. Gobierno de Panamá, Accedido el 20.07.2023.  
[https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/28892\\_A/75497.pdf](https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/28892_A/75497.pdf)

21 · “Ley N° 6.925/2022 de incentivos y promoción del transporte eléctrico en el Paraguay”. Gobierno de Paraguay Accedido el 20.07.2023.  
<https://www.mades.gov.py/wp-content/uploads/2022/11/LEY-6925.pdf>

22 · “Plan estratégico nacional de Movilidad Eléctrica”. Gobierno de Rep. Dominicana, Accedido el 20.07.2023.

[https://www.intrant.gob.do/index.php/noticias/item/download/121\\_a088cbb595cbe5de88dcd7a2dbc58e3](https://www.intrant.gob.do/index.php/noticias/item/download/121_a088cbb595cbe5de88dcd7a2dbc58e3)

23 · Decreto 331/17. Gobierno de Argentina. Accedido el 20.07.2023.

<https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/decreto-331-2017-274610/actualizacion>

24 · A la fecha de elaboración de este informe, el beneficio está vencido, aunque el gobierno está trabajando en su prórroga.

25 · El Proyecto de Ley tenía un enfoque integral, apuntando a desarrollar la cadena de valor de vehículos propulsados por fuentes de energía sustentables, desde la producción del insumo básico (el litio, hidrógeno, etc.) hasta la fabricación en serie del vehículo y también sus partes, conjuntos y equipos auxiliares en el territorio del país. Además, establecía un límite temporal para el año 2041, a la comercialización de vehículos con motor de combustión interna nuevos en el territorio nacional. De esta manera, se establecía que el Régimen era temporal y duraba 20 años, con beneficios decrecientes en el tiempo para acelerar las inversiones (Baruj et al., 2021).

26 · “Argentina Productiva 2030”. Ministerio de Economía de Argentina. Accedido el 20.07.2023.

<https://www.argentina.gob.ar/produccion/argentina-productiva-2030>

Paralelamente, en 2022, el Ministerio de Transporte aprobó el Plan de Transporte Sostenible (PTS) a través de la Resolución 635/2022<sup>27</sup>. El mismo busca la reducción de gases de efecto invernadero a través de la renovación de flotas hacia el gas natural comprimido, la movilidad eléctrica y el uso de otras tecnologías como el hidrógeno, baterías ion-litio y biocombustibles, entre otras. Entre las metas planteadas, se busca convertir el 50% del transporte a energías limpias para el 2030 y el 100% para 2050. En esta misma línea, en junio de 2023 se aprobó el Plan Nacional de Transición Energética al 2030 (Resolución 517/2023<sup>28</sup>), que fija una meta específica de alcanzar una penetración de autos eléctricos del 2% del parque de vehículos para 2030. El plan se estructura sobre 10 lineamientos estratégicos, uno de los cuales es la movilidad sostenible y propone varias acciones al respecto: planificación de movilidad urbana sostenible; masificación del uso de EVs; planificación intermodal eficiente del transporte; adaptación de la operación y la infraestructura al cambio climático; medidas legislativas y de divulgación que promuevan el teletrabajo, y reemplazo progresivo de combustibles fósiles, entre otras.

A nivel regional, el Acuerdo de Complementación Económica N° 14 (ACE° 14), suscrito entre la Argentina y Brasil en el marco de la ALADI y que regula el Comercio Automotriz Bilateral, define en su artículo 10 una cuota incremental a 10 años -desde 15.000 a 50.000 unidades-, con un índice de contenido regional reducido de 35% para vehículos híbridos y eléctricos. A partir de 2030 el ICR será del 50%, igual que los vehículos con motores de combustión interna.

Vale mencionar que la Argentina es uno de los pocos países en la región que cuentan con fabricantes locales de automóviles 100% eléctricos. Entre ellos se pueden mencionar: Volt, Coradir, Hamelbot y Sero Electric, exportando este último incluso a otros países del Mercosur.

En suma, la Argentina se encuentra en una fase inicial en lo que respecta a la promoción de la movilidad sustentable. Ya registra avances en lo referente al transporte público de pasajeros (Recuadro 1). Si bien aún queda pendiente la puesta en vigencia de un marco normativo a nivel nacional, específico para el ámbito privado de pasajeros, los gobiernos subnacionales continúan avanzando en la implementación de diversos instrumentos para su estímulo. Algunos ejemplos que vale la pena mencionar son la reducción o eximición del pago de patentes para vehículos híbridos o eléctricos; el desarrollo de corredores eléctricos con puntos de carga en base a energía eléctrica o biocombustibles; proyectos que promueven el uso de micro movilidad eléctrica para los desplazamientos en las principales ciudades; la transformación de las flotas públicas de transporte urbano; entre otros.

## BRASIL

Si bien Brasil cuenta con numerosas iniciativas para fomentar el sector, entre las cuales se encuentran la exención de impuestos, la reducción de aranceles e incentivo fiscales

27 · BOLETIN OFICIAL REPUBLICA ARGENTINA - MINISTERIO DE TRANSPORTE - Resolución 635/2022". BOLETIN OFICIAL REPUBLICA ARGENTINA. Accedido el 20.07.2023. <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/272624/20220928>

28 · BOLETIN OFICIAL REPUBLICA ARGENTINA - MINISTERIO DE ECONOMÍA SECRETARÍA DE ENERGÍA - Resolución 517/2023. BOLETIN OFICIAL REPUBLICA ARGENTINA. Accedido el 20.07.2023. <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/289826/20230707>

para empresas que invierten en tecnologías limpias, aún no ha establecido metas concretas para el mismo en sus compromisos internacionales (PNUMA, 2021), ni cuenta con financiamiento específico (Baruj et al., 2021).

A la fecha, han habido varios intentos de sancionar leyes en la legislatura brasileña. Dos proyectos de ley contemplan la prohibición de venta y circulación de vehículos propulsados por combustibles fósiles: uno con fecha límite en el año 2040, que aún está siendo discutido<sup>29</sup>, y el otro con una meta más laxa, a 2060, que ya fue cerrado<sup>30</sup>. A su vez, está en proceso de revisión el proyecto 403/2022<sup>31</sup> que extendería la exención del Impuesto de Importación para EVs e híbridos, así como el proyecto 392/2023<sup>32</sup> que prevé la obligación de que las estaciones de servicio dispongan de puntos de recarga de EVs.

Hasta el momento, el Programa ROTA 2030 (Ley N° 13.755), vigente desde mediados de 2018, es el plan automotriz que principalmente regula esa actividad. El mismo establece metas de eficiencia energética para el sector automotriz y tiene entre sus objetivos incentivar formas alternativas de propulsión de vehículos, previendo una reducción de impuestos para vehículos híbridos flexibles, así como para vehículos más eficientes en consumo de energía. Además, las empresas registradas podrán realizar deducciones del impuesto de sociedades y contribución social sobre la renta neta por el monto invertido en I+D. Asimismo, en 2022, la Comisión de Ciencia y Tecnología (CCT) del Senado aprobó un proyecto que determina que las empresas beneficiarias del programa apliquen el 1,5% del beneficio tributario que reciben en investigación para el desarrollo de tecnología para EV.

Entre las iniciativas para promover la electromovilidad se destacan:

- Rebajas arancelarias a la importación de EV (desde 2015), que los ubican en un rango entre el 0% y el 7% de acuerdo con el grado de terminación y la eficiencia energética del vehículo.
- Exención del impuesto sobre productos industrializados (IPI) y del impuesto sobre la circulación de mercancías y servicios (ICMS) para EV.
- Exenciones y descuentos al pago del Impuesto sobre la Propiedad de Vehículos Automóviles (IPVA) a los EVs por parte de gobiernos estatales.
- Proyecto Sistemas Eficientes de Propulsión (PROMOB-e). Esta iniciativa forma parte del Acuerdo de Cooperación Técnica Bilateral entre el MDIC y Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) del gobierno alemán, a través de la Cooperación Alemana para el Desarrollo Sostenible (GIZ), y tiene como objetivo incentivar la discusión sobre electromovilidad en el país.
- La ley 6020/2019, que estipula incentivos fiscales para que las empresas brasileñas destinen I+D sobre tecnologías para EVs.


29 · PLS 304/2017 - Senado Federal. Inicio - Senado Federal. Accedido el 20.07.2023.  
[https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/130612?\\_gl=1\\*1ytswqe\\*\\_ga\\*ODEyNDUyMTE4LjE2ODg4NDkwNzI.\\*\\_ga\\_CW3ZH25XMK\\*MTY4OTg4MDUyOC4yLjEuMTY4OTg4MTA2NS4wLjAuMA](https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/130612?_gl=1*1ytswqe*_ga*ODEyNDUyMTE4LjE2ODg4NDkwNzI.*_ga_CW3ZH25XMK*MTY4OTg4MDUyOC4yLjEuMTY4OTg4MTA2NS4wLjAuMA)

30 · PLS 454/2017 - Senado Federal. Inicio - Senado Federal. Accedido el 20.07.2023.  
<https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/131656>

31 · PL 403/2022 - Senado Federal. Inicio - Senado Federal. Accedido el 20.07.2023.  
<https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/151951>

32 · PL 392/2023 - Senado Federal. Inicio - Senado Federal. Accedido el 20.07.2023  
<https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/155819>



- 
- El *Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico y Social* (BNDES) tiene una línea de financiamiento preferencial para la producción brasileña de autobuses EVs con tasas más bajas y plazos más prolongados. Asimismo, varios bancos comerciales privados ofrecen financiamiento para el consumo, inclusive en cuotas.

Sin embargo, la prioridad en las políticas hacia el sector proviene del fomento a los biocombustibles y a la tecnología flex, que consume etanol puro o mezclado en distintas proporciones con gasolina (alconafta). El 92% de los vehículos fabricados en Brasil utilizan esta tecnología. Entre las políticas destinadas a la transición hacia fuentes de energía renovables se destacan:

- Política Nacional de Biocombustibles (RenovaBio, 2016).
- Programa Nacional de Producción y Uso de Biodiésel (2004).
- Nuevo Mercado del Gas Natural / Biogás (2019).
- Programa Combustible del Futuro (2020).
- Programa Nacional de Hidrógeno (en desarrollo).
- Inova Energía, que también financia proyectos para desarrollar EVs.

Desde finales de 2019 la terminal de Toyota fabrica en su planta de Indaiatuba, Estado de San Pablo, el primer modelo (Corolla) en el mundo cuya motorización responde a un híbrido entre una fuente eléctrica y otra flex basada enalconafta (Baruj et al., 2021).

Asimismo, varios gobiernos subnacionales aplican sus propios programas. El gobierno de San Pablo constituyó el Grupo de Trabajo Intersecretarial para implementar el Programa Metas 2021/2024, que establece que al menos el 20% de las unidades de la flota de buses del sistema de transporte público en la ciudad sea eléctrico.

En cuanto a la infraestructura de recarga de EVs, según IEA (2020), en 2019 Brasil contaba con 913 cargadores públicos, prácticamente el doble de los que tenía en 2018. En tanto, en 2018 se inauguró un corredor eléctrico entre San Pablo y Río de Janeiro con tres cargadores en cada uno de los sentidos de la carretera. Adicionalmente, se han producido importantes avances en materia de cambios normativos necesarios para regular la actividad. Entre ellos, se destaca la implementación de una tarifa diferencial<sup>33</sup> para el aprovechamiento de las franjas horarias con menor demanda de energía eléctrica.

## CHILE

Chile es uno de los países de la región que más velozmente avanza en la transición hacia la movilidad sostenible, lo que se refleja tanto en las cifras récord de ventas de EVs en 2022 como en el marco regulatorio ya implementado y en proyecto.

En primer lugar, cabe destacar que Chile es el único país de ALC que es miembro de la Iniciativa de Vehículos Eléctricos (EVI, por su sigla en inglés)<sup>34</sup>, un foro multilateral establecido en 2010 en el marco de la Ministerial de Energía Limpia (CEM, por su sigla

33 - "Tarifa Branca". Agência Nacional de Energia Elétrica. Accedido el 20.07.2023. <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/tarifas/tarifa-branca>

34 - "Electric Vehicles Initiative - Programmes - IEA". IEA. Accedido el 20.07.2023. <https://www.iea.org/programmes/electric-vehicles-initiative>

en inglés), donde participan los ministros de energía de las principales economías, y que tiene por objetivo acelerar la adopción de EVs en todo el mundo. Precisamente, es el Ministerio de Energía el responsable de haber lanzado recientemente (octubre de 2021) la Estrategia Nacional de Electromovilidad<sup>35</sup>, a diferencia de otros países donde los ministerios de Transporte o de Industria son las autoridades responsables de las mismas.

El Plan se ha propuesto las siguientes metas:

Para 2035:

- 100% de las ventas de vehículos livianos y medianos serán ZEV.
- 100% de las nuevas incorporaciones de transporte público urbano serán ZEV.
- 100% de las ventas de maquinaria mayor (de más de 560 kW de potencia) serán ZEV.

Para 2040:

- 100% de las ventas de maquinaria menor (de más de 19 kW de potencia) serán ZEV.

Para 2045:

- 100% de las ventas de vehículos para el transporte de pasajeros interurbano y transporte terrestre de carga serán ZEV.

Para 2050<sup>36</sup>:

- 40% de los vehículos particulares serán EV.
- 100% de los vehículos de transporte público serán EV.

Previamente, en 2020, Chile había presentado su Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde<sup>37</sup>, que propuso la utilización de esta fuente de energía en seis usos prioritarios para 2025. Tres de ellos corresponden al transporte (camiones mineros, camiones pesados de ruta y buses de larga autonomía), estableciendo la meta de alcanzar el 71% del transporte de carga basado en hidrógeno para 2050 (PNUMA, 2021).

Asimismo, el Plan Nacional de Eficiencia Energética 2022-2026<sup>38</sup>, sancionado en marzo de 2022, establece estándares de eficiencia energética para vehículos, e impulsa la electromovilidad y capacitación y certificación de capital humano. Entre sus metas, se propone duplicar, respecto del 2019, el rendimiento de vehículos livianos nuevos al año 2035, y cuadruplicar al 2050.

Otras iniciativas para difundir los EVs en Chile son:

- Exención a los EVs del denominado Impuesto Verde.
- Exención a la restricción vehicular<sup>39</sup> que rige en Santiago de Chile desde 2020.
- Nuevos requerimientos técnicos y de seguridad de EVs (Decreto 145/2019).

35 · "Estrategia Nacional de Electromovilidad". Gobierno de Chile. Accedido el 20.07.2023. <https://energia.gob.cl/noticias/nacional/lanzamiento-estrategia-nacional-de-electromovilidad-gobierno-anuncia-que-al-2035-se-venderan-solo-vehiculos-electricos-en-chile>

36 · "Estrategia Nacional de Electromovilidad". Ministerio de Energía. Accedido el 20.07.2023. [https://www.energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_electromovilidad-8dic-web.pdf](https://www.energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_electromovilidad-8dic-web.pdf)

37 · "Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde". Ministerio de Energía. Accedido el 20.07.2023. [https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf)

38 · Ley de Eficiencia Energética. Ministerio de Energía. Accedido el 20.07.2023. <https://energia.gob.cl/ley-ee> y [https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/plan\\_nacional\\_de\\_eficiencia\\_energetica\\_2022-2026.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/plan_nacional_de_eficiencia_energetica_2022-2026.pdf)

39 · Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de Chile. Accedido el 1.08.2023. [https://www.mtt.gob.cl/wp-content/uploads/2020/04/Vehi%CC%81culos\\_sin\\_restriccion%CC%81n.png](https://www.mtt.gob.cl/wp-content/uploads/2020/04/Vehi%CC%81culos_sin_restriccion%CC%81n.png)

- Programa de Renovación de Taxis Colectivos, que ofrece financiamiento para adquisición de EVs destinados a este fin.
- En diciembre de 2022 se constituyó la Mesa para el Avance de la Electromovilidad que definirá acciones para masificar la electrificación del transporte en el país.

Gracias a la batería de políticas implementadas, especialmente focalizadas en el transporte público urbano, y a pesar de ocupar una posición de baja influencia en el mercado global automotriz, Chile gana preponderancia en el ranking de países de la región promotores de la electromovilidad (Baruj et al., 2021; IEA, 2022.a).

## COLOMBIA

Por su parte, Colombia sigue de cerca los pasos de Chile, avanzando velozmente en la creación de un marco normativo nacional consistente y con metas ambiciosas. En 2020, actualizó sus compromisos ambientales en su CDN, dándole una máxima prioridad al sector de transporte. En concreto, se comprometió a generar un mercado para la introducción de 600.000 EVs y la creación de un marco habilitante de regulación de las tarifas eléctricas y de especificaciones vehiculares<sup>40</sup> (PNUMA, 2021). Asimismo, un año antes sancionó dos leyes muy relevantes para el cumplimiento de estos compromisos. En primer lugar, la Ley Nacional de Electromovilidad (Ley N° 1.964/2019)<sup>41</sup>, que tiene por objeto generar esquemas para promover el uso de EVs y de ZEVs, y que fija metas concretas para que el 10% de las ventas de autobuses urbanos sean ZEV para 2025 y el 100% para 2035. En segundo lugar, la Ley N° 1.972<sup>42</sup>, que dispuso el compromiso de cumplimiento del 100% de las normas equivalentes a Euro-VI<sup>43</sup> para todos los vehículos en circulación para 2035. Por último, en julio de 2021 se aprobó la Ley N° 2.099, mediante la cual el Ministerio de Minas y Energía otorga una exención del impuesto al consumo de energía<sup>44</sup> del 20% para la electricidad destinada a la carga de EVs en estaciones públicas y el sistema de transporte público (IEA, 2022.a).

Finalmente, en mayo de 2023 el Congreso Nacional aprobó el proyecto de ley “Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2022 - 2026: Colombia Potencia Mundial de la Vida<sup>45</sup>”, donde se plasman las metas del Gobierno de Gustavo Francisco Petro. Bajo la cuarta meta, denominada “Transformación productiva, internacionalización y acción climática”, se plasma su apoyo concreto hacia la transición energética y la movilidad sostenible así

40 · “Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica”. Gobierno de Colombia. Accedido el 20.07.2023.

<https://archivo.minambiente.gov.co/images/AsuntosAmbientalesySectorial/Urbana/pdf/Estrategia-Nacional-de-Movilidad-Elctrica-en-me-minambiente.pdf>

41 · Gobierno de Colombia. Accedido el 20.07.2023.

<https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY%201964%20DEL%2011%20DE%20JULIO%20DE%202019.pdf>

42 · “Ley 1972/2019”. Gobierno de Colombia. Accedido el 20.07.2023.

<https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY%201972%20DEL%2018%20DE%20JULIO%20DE%202019.pdf>

43 · Las normas EURO son un conjunto de requisitos impuestos a través de directivas a los vehículos nuevos vendidos en los estados miembros de la U.E. Las mismas regulan los límites máximos aceptables para las emisiones de gases de combustión interna de los vehículos. La EURO VI, es la última norma vigente para los vehículos pesados, y diferencia los límites de las emisiones de los vehículos de gasolina (60 mg/km de NOx) y diésel (80 mg/km de NOx ). Accedido el 20.07.2023.

<https://eur-lex.europa.eu/ES/legal-content/summary/emissions-from-heavy-duty-vehicles-euro-vi-certification-rules.html>

44 · “Policydatabase - Data&Statistics - IEA”. IEA. Accedido el 9.08.2023; <https://www.iea.org/policies?jurisdiction=National&q=mexico&sector=Transport&status=in%20force&region%5B0%5D=Central%20%26%20South%20America&country%5B0%5D=Colombia&year=desc>

45 · “Plan Nacional de Desarrollo 2022 - 2026”. Departamento Nacional de Planeación. Accedido el 20.07.2023.

<https://www.dnp.gov.co/plan-nacional-desarrollo/pnd-2022-2026>

como la promoción de la movilidad escolar eléctrica y la regulación del hidrógeno verde (ver Recuadro para mayor detalle)<sup>46</sup>.

## MÉXICO

En México, la venta de EVs en el mercado se encuentra incentivada por distintas políticas específicas. En el marco de la Conferencia de Cambio Climático 26, México se comprometió a trabajar intensamente en acelerar la proliferación y adopción de vehículos de emisiones cero<sup>47</sup>. En este sentido, se propuso la meta de que el 50% de los vehículos producidos sean ZEV para 2030<sup>48</sup>.

Existen dos normativas que regulan el sector. La primera se trata del reconocimiento del litio como un mineral estratégico, nacionaliza su cadena de valor y crea “Litio para México”, un organismo público descentralizado<sup>49</sup>. La segunda establece una exención fiscal a la importación de EVs de pasajeros, vehículos ligeros, de carga y trolebuses, como medida temporal hasta septiembre de 2024<sup>50</sup>. Además, existen otros instrumentos. Por el lado de la demanda, los vehículos propulsados por baterías eléctricas, o EVs con motores de combustión interna integrados en base de hidrógeno, están exentos de los impuestos internos que deben pagar los vehículos nuevos<sup>51</sup>. Adicionalmente, los hogares cuentan con una tarifa eléctrica preferencial<sup>52</sup> para recarga de EVs, brindada por la Comisión Federal de Electricidad. En tanto, desde febrero de 2017, con la implementación de la VII enmienda del SA, los EVs no pagan aranceles a la importación en México sin ningún tipo de restricción cuantitativa como en la Argentina (Baruj et al., 2021; IEA, 2022.a). En cuanto a la infraestructura de carga, la misma comisión implementó un programa<sup>53</sup> de cargadores gratuitos para uso público, en tanto el gobierno mexicano otorga un reintegro impositivo del 30% para las inversiones en infraestructura pública de recarga. Según datos de IEA a 2021, México cuenta con 1.300 puntos de recarga de EVs, entre rápidas y lentas. Dado que, como se ha visto, la penetración de EVs en México aún es muy baja (0,93% del total), es posible que los incentivos implementados hasta el momento sean insuficientes para alentar al consumidor a adquirir este tipo de vehículos, y sea necesario trabajar en otras medidas; especialmente en algún tipo de financiamiento, puesto que el costo de entrada es elevado para el promedio de ingresos de la población mexicana.

46 · Otras normas que establecen incentivos y regulaciones para la movilidad sostenible, son: Decreto 191 - estacionamientos preferenciales para EVs (2021); Decreto 829 - Incentivos fiscales a las energías renovables no convencionales - procedimiento simplificado (2020); Definición de energía de cero emisiones (2020); Decreto 4892 - Mezclas obligatorias para Etanol (E8 y E10), y facultad para incrementar las mezclas (2009); Conpes 3510 - Lineamiento de política para la promoción de la producción sostenible de biocombustibles en Colombia (2008); Ley 1083 - Planificación Urbana Sostenible (2006); Ley 939 - Política de fomento a la producción y comercialización de biodiesel (2004).

47 · "Accelerating to Zero Coalition | Zero emission by 2040". Accedido el 12.07.2023 <https://acceleratingtozero.org/>

48 · "Discurso del presidente Andrés Manuel López Obrador en el Foro de las Principales Economías sobre Energía y Acción Climática". Accedido el 12.07.2023

<https://www.gob.mx/sre/documentos/discurso-del-presidente-andres-manuel-lopez-obrador-en-el-foro-de-las-principales-economias-sobre-energia-y-accion-climatica>

49 · DOF - Diario Oficial de la Federación. Accedido el 20.07.2023.

[https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5662345&fecha=23/08/2022#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5662345&fecha=23/08/2022#gsc.tab=0)

50 · DOF - Diario Oficial de la Federación. Accedido el 20.07.2023. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=&fecha=31/12/1969](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=&fecha=31/12/1969)

51 · "Uno por uno los beneficios fiscales para vehículos eléctricos en México". Portal Movilidad. Accedido el 20.07.2023.

<https://portalmovilidad.com/uno-por-uno-los-beneficios-fiscales-para-vehiculos-electricos-en-mexico/>

52 · "Preferential Tariffs for Charging Electric Vehicles - Políticas - IEA. Accedido el 12.07.2023

<https://www.iea.org/policies/6939-preferential-tariffs-for-charging-electric-vehicles?country=Mexico&jurisdiction=National&qs=mexico&sector=Transport&status=In%20force>

53 · Comisión Federal de Electricidad. Accedido el 9.08.2023:

<https://www.cfe.mx/paese/serviciospaese/Pages/Evaluaci%C3%B3n%20de%20tecnolog%C3%ADas%20ahorradoras.aspx>

Paralelamente, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) de México se encuentra trabajando desde 2017 en una Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica (ENME), elaborada en colaboración con 250 actores del sector público, privado, académico y de la sociedad civil. La estrategia fija metas al 2030, 2040 y 2050, diseñadas en base a estudios y proyecciones realizadas por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). Recientemente se han realizado modificaciones al borrador del plan nacional a la luz de los nuevos compromisos asumidos en la Conferencia de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (COP27), que aumentaron la participación de los EVs del 10% al 50% para 2030. Es decir, la ENME se propone que, para 2030, el 50% de los vehículos ligeros y pesados vendidos estén compuestos por ZEV, tanto BEVs, como HEV y PHEV. Dicha meta se espera lograr gracias a la incorporación de siete millones de vehículos ligeros y 338.000 vehículos pesados (autobuses y vehículos de carga). Asimismo, el ENME se plantea desarrollar un sistema de carga eléctrica público para vehículos ligeros y pesados, así como promulgar su homologación. La participación de EVs debe aumentar a 100% para 2040, con la incorporación de 22 millones de vehículos ligeros y 894.000 vehículos pesados, así como con un sistema de cargadores eléctricos suficientes, abiertos y homologados, para al menos 10 de las principales ciudades del país y para carreteras federales. Para 2050, el porcentaje se eleva al 100% de ventas de vehículos únicamente eléctricos, y el objetivo es consolidar un sistema de transporte de carga electrificado, incluso para vehículos pesados en las principales carreteras. Actualmente, el proyecto de norma está siendo revisado por la Comisión Nacional de Mejora Regulatoria (CONAMER), que ha formulado comentarios y planteado cuestionamientos que dificultan el avance de la normativa. Una vez finalizado el proceso burocrático, la ENME sólo entrará en vigencia cuando se publique en el Diario Oficial de la Federación (DOF).

## BOX 2 ESFUERZOS EN MATERIA DE TRANSFORMACIÓN DE LAS FLOTAS DE TRANSPORTE PÚBLICO Y VEHÍCULOS PESADOS DE CARGA

En diferentes países se están implementando medidas para promover el uso de flotas de transporte público y vehículos pesados eléctricos o híbridos. A continuación, se resumen las principales acciones tomadas por país:

**Argentina:** mediante el Decreto 51/2018, se ha establecido una reducción arancelaria del 10% para la importación de buses eléctricos a baterías, por un plazo de tres años y para una cuota de 350 unidades. El arancel se reduce a 0% si la empresa presenta un Plan de Producción Local que integre nacionalmente partes y componentes de forma creciente, o si se incorpora en las flotas de transporte público de pasajeros. Adicionalmente, en 2022 se aprobó el Plan de Transporte Sostenible para sistemas de transporte de carga de pasajeros por medios aéreos, acuáticos y terrestres. Por su parte, el gobierno de la provincia de Buenos Aires se propuso convertir 20.000 buses a eléctricos (2.000 por año).

**Colombia:** en 2023 se sancionó el Plan Nacional de Desarrollo que propone inversiones para la adquisición de vehículos de bajas o cero emisiones en el sistema de transporte masivo. Además, se ha establecido la Ley de Electromovilidad que fija metas para que

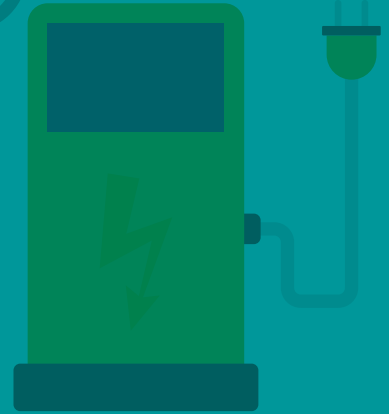
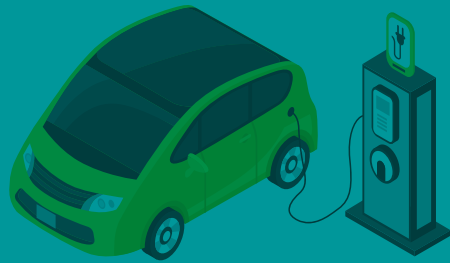
el 100% de los buses sean de cero emisiones hacia 2035, en paralelo a una normativa que marca cuotas mínimas por año para la compra de EVs para la flota de servicio público.

**Brasil:** cuenta con una vasta trayectoria en fabricación de autobuses y, en particular, del segmento de autobuses eléctricos con mayor penetración en el mercado local. Esto se puede deber a la existencia de una línea de crédito preferencial para la producción de autobuses eléctricos, lo que ha impulsado su fabricación en el país. Varias empresas, como Eletra, BYD y Volvo, participan en la producción de autobuses híbridos y eléctricos (Baruj et al., 2021). Asimismo, varios gobiernos subnacionales aplican sus propios programas. Entre ellos, el gobierno de San Pablo constituyó el Grupo de Trabajo Intersecretarial (GTI) para implementar el Programa Metas 2021/2024, según el cual al menos el 20% de las unidades de la flota de buses del sistema de transporte público en la ciudad debe ser eléctrico.

**México:** la Ciudad de México se ha comprometido a tener solo autobuses eléctricos circulando para 2025 y vehículos con cero emisiones para 2030 (Baruj et al., 2021). Para la ciudad de México se diseñó un plan de reducción de emisiones del sector de la movilidad que busca disminuir el 30% de las emisiones procedentes de fuentes móviles a partir de restricciones parciales del tráfico con límite temporal; planes de uso compartido de vehículos; moto taxis 100% eléctricos en 2024, y que el 10% de los vehículos privados sean VE o VEH en 2024, entre otras medidas. También se han establecido metas para la venta de autobuses híbridos y eléctricos en el país.

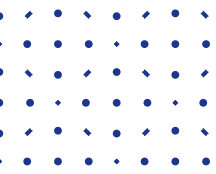
**Chile:** además de las metas previamente comentadas para el transporte público en la estrategia nacional, Chile se comprometió a que un porcentaje de los nuevos camiones y autobuses vendidos sea de ZEV para 2030, en el marco del Memorando de Entendimiento (MOU) global promovido por el programa “Drive to Zero” de CALSTART, del cual también participa Uruguay. En consecuencia, el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, a través del Directorio de Transporte Público Metropolitano (DTPM), ha desarrollado un plan de trabajo para incorporar buses con nuevo estándar Eléctricos y Ecológicos (Euro VI) al Sistema de Transporte Público, que ahora se transforma en la “Red Metropolitana de Movilidad” o “Red”.





# 8. Conclusiones





La suscripción del Acuerdo de París de 2015 marcó un hito en el compromiso global de mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero. Como se resaltó en este estudio, el transporte es responsable del 23% de las emisiones a nivel mundial, mientras que alrededor del 40% de estas corresponden específicamente al sector automotriz y son generadas por el consumo de combustible de los hogares para el uso de sus autos particulares. En este sentido, esta investigación pone de manifiesto la potencialidad de la electromovilidad como una herramienta eficaz para avanzar hacia los compromisos asumidos por los países de ALC en un sector difícil de descarbonizar, debido al stock existente de vehículos a combustión. Para ello, se realizaron diversas simulaciones que apuntan a reflejar la ventana de oportunidad que existe para incrementar la adopción de EVs en la región hacia 2030, aunque todavía representarían un porcentaje relativamente pequeño del total de las ventas mundiales.

El análisis desarrollado sugiere que, con un aumento en el stock de EVs solamente impulsado por el crecimiento económico, y sin políticas de mitigación y fomento, hacia 2030 la reducción de emisiones en ALC sería limitada en el sector transporte. Esto se debe a que los consumos de combustible dependen en gran medida del stock de vehículos existente, donde la participación del vehículo eléctrico crece lentamente, aunque existan aumentos considerables en los flujos de ventas. En el escenario optimista se logra una penetración considerable de EVs en las ventas de vehículos hacia 2030 (33 millones de unidades demandadas a nivel mundial), con una reducción de las emisiones aún limitada (330 Mt CO<sub>2</sub> versus 340 Mt CO<sub>2</sub>). En ese sentido, de continuar este proceso de electrificación en los vehículos particulares, hacia 2040 pueden comenzar a registrarse reducciones significativas en las emisiones a nivel mundial y regional.

La transición hacia un parque vehicular con menor impacto ambiental requiere de enfoques integrales para garantizar un funcionamiento óptimo y confiable, con el objetivo de maximizar las oportunidades reales que éstos ofrecen a los usuarios. En este sentido, el éxito en la masificación de la venta y el uso de EVs en todo el mundo estará directamente relacionado con la implementación de políticas públicas, regulaciones e iniciativas adecuadas. Estas deben ser diseñadas de manera estratégica y en consonancia con las necesidades y percepciones de los potenciales compradores y usuarios de estas tecnologías, para garantizar su adopción efectiva y una transición hacia una movilidad más sostenible y amigable con el medio ambiente (Jaramillo et al., 2019).

Asimismo, el diseño de la estrategia para el sector, debe contemplar herramientas de índole comercial y de integración regional que acompañen a la inserción de la región en la cadena productiva de la electromovilidad a nivel global. Específicamente en dos ejes: (i) fomento de la producción regional de EVs y (ii) diseño de política arancelaria específica para la electromovilidad.



## FOMENTO DE LA PRODUCCIÓN REGIONAL DE EVs.

Debido a los diferenciales de escala y de adopción, en una primera etapa existe la necesidad de fomentar la introducción de EVs para crear un mercado con cierta profundidad. Los países tendrían que generar las condiciones necesarias para fomentar las inversiones en la cadena de vehículos eléctricos, evitando utilizar medidas distorsivas o transferencias directas a los productores. Las terminales automotrices, invierten persiguiendo estrategias de inversión híbridas que buscan tanto mercados ampliados, que se constituyan en plataformas de exportación, como maximizar la eficiencia localizando sus inversiones allí donde exista una disponibilidad amplia de acceso a los insumos intermedios y los costos por unidad de producto sean competitivos. En este sentido, la coordinación regional puede jugar un rol clave para fomentar la especialización de diferentes segmentos de la cadena en distintos países con el objetivo de potenciar los efectos a escala y reducir los costos unitarios. Asimismo, la estrategia anterior puede complementarse con el impulso a la creación de aglomeraciones productivas (o clústeres), que incentiven las sinergias e intercambios entre las firmas multinacionales con proveedores locales, aprovechando la disponibilidad de recursos locales y multiplicando la creación de empleos. Por ejemplo, algunos países de la región, como Paraguay, Uruguay y Honduras, ya han logrado posicionarse en la elaboración de mazos de cables, un insumo intermedio, que es clave para la fabricación de EVs, integrándose a cadenas regionales de valor automotrices mediante la fabricación de insumos intermedios.

## DISEÑO DE POLÍTICA COMERCIAL ESPECÍFICA PARA LA ELECTROMOVILIDAD

Aquí existen dos estrategias diferenciadas de acuerdo a si los países tienen actualmente una industria automotriz. La cadena de suministros de los EVs se encuentra concentrada en un conjunto reducido de países, los cuales cuentan con la tecnología y la escala necesaria. En ese sentido, si los países productores de ALC buscan potenciar el desarrollo de un sector de EVs a nivel regional, resulta importante garantizar el acceso a los insumos intermedios de calidad, sin trabas y a un precio competitivo. Para asegurar estas condiciones, los acuerdos regionales ponen a disposición de los gobiernos, un abanico de instrumentos de política comercial que pueden contribuir a delimitar la especialización productiva en la electromovilidad -aranceles preferenciales, cupos específicos con tarifas reducidas, reglas de origen diferenciadas, compromisos respecto la liberalización de los servicios y las inversiones, la no imposición de medidas no arancelarias, entre otras-. En el caso de los países que no fabrican vehículos, existen mayores incentivos a utilizar la política comercial como una herramienta para fomentar la introducción de EVs en forma acelerada. En la actualidad se observa que mayoritariamente los países limitan las herramientas de estímulo al desarrollo de un marco regulatorio nacional, existiendo aún muy pocos compromisos regionales en la materia<sup>54</sup>.

La política comercial debe combinarse eficazmente con otras políticas, como mejoras en la infraestructura interna y la facilitación comercial, para maximizar su impacto en las exportaciones (BID, 2014). En esa línea, se definen los siguientes ejes complementarios: (i) incentivos a la demanda en una etapa inicial; (ii) mejora de la infraestructura eléctrica; y (ii) gestión y reciclado de las baterías y de otros materiales al final de la vida útil del vehículo.

54 · Argentina y Brasil, cuentan con una cuota diferenciada en su Acuerdo Automotriz bilateral: Acuerdo de Complementación Económica N° 14, Protocolos Adicionales N° 43 y 44. ALADI. Accedido el 01.06.2023  
<https://www2.aladi.org/nsfaladi/textacdos.nsf/Of226c9002f6aebf03257491004226fe/40f6854020b68bf2032584c600592135?OpenDocument>  
y <https://www2.aladi.org/nsfaladi/textacdos.nsf/Of226c9002f6aebf03257491004226fe/1cc3e2597bf840fa032588c900562999?OpenDocument>

## INCENTIVOS A LA DEMANDA

Por el lado de la demanda, en los países de ALC los costos de los EVs representan una barrera importante. Por ello puede ser deseable, en una primera etapa, la existencia de incentivos económicos a la compra que compensen la diferencia en los precios finales entre un EV y uno de combustión interna. Como se mostró en la sección 4, los EVs son más eficientes en el uso de la energía en comparación con los vehículos de combustión interna. Algunas medidas que los gobiernos están aplicando actualmente son: (i) descuentos en pagos por la circulación; (ii) exenciones de restricciones vehiculares; (iii) líneas de créditos específicas, y (iv) subvenciones y exenciones impositivas.

En forma complementaria, resulta importante avanzar en el Reglamento de Retrofit para reducir las emisiones del parque automotor existente y ofrecer líneas de financiamiento que permitan reducir el costo de adquisición de EVs, facilitando el consumo doméstico. En este sentido, es esencial entender que, si bien la inversión inicial puede ser alta, los beneficios económicos y ambientales a largo plazo hacen de esta transición una decisión estratégica (Balbotín, 2022).

## MEJORA DE LA INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA

Una creciente cantidad de EVs en circulación implica importantes desafíos debido al impacto que éstos tendrán en las redes de transmisión y distribución (BID, 2019). Por ello es muy importante trabajar en la descarbonización de la generación de energía eléctrica mediante la adopción de fuentes de energía renovable y tecnologías de bajo impacto ambiental. En las simulaciones realizadas en este estudio se asume que la infraestructura eléctrica acompaña siempre a la demanda y uso de los EVs, aunque este supuesto puede no verse validado en los hechos. Así, se crearían cuellos de botella que limitarían su adopción y ralentizarían la transición. Además, es necesario diseñar sistemas que permitan la participación de los EVs en la red eléctrica, facilitando la gestión inteligente de la carga y descarga, y aprovechando su capacidad de almacenamiento para mejorar la estabilidad y eficiencia del sistema eléctrico. Para ello se debe desarrollar y fortalecer la infraestructura de carga eléctrica, lo que implica establecer estaciones de carga convenientes y accesibles para impulsar la adopción de EVs, así como promocionar la interconectividad y la homologación regional de puntos de carga. Por último, es interesante promover el modelo de generación distribuida<sup>55</sup> y el diseño de tarifas eléctricas por horario, ya que ambas medidas permitirían reducir picos de demanda de electricidad por el uso de EVs.

## GESTIÓN Y RECICLADO DE LAS BATERÍAS

La correcta gestión del reciclaje de baterías usadas permite no solamente destinarlas para usos secundarios, sino también reducir el impacto negativo en el medio ambiente y disminuir el costo de los EVs al poder reutilizarlas.

Mientras este conjunto de medidas se va aplicando con una mirada integral, se debe promover una transición gradual hacia vehículos con cero emisiones, como los híbridos y aquellos que utilicen biocombustibles disponibles en abundancia en la

<sup>55</sup> · Es el uso de fuentes de energía renovables en la generación de energía eléctrica en las redes de distribución para autoconsumo y eventual inyección de excedentes en nuestros hogares, en edificios, industrias y PyMES

región. Esta estrategia permitiría, a corto plazo, el logro de resultados más rápidos en la reducción de emisiones y, a largo plazo, establecer las bases para un cambio total hacia la electromovilidad. La adopción de estas medidas permitiría a la región contribuir significativamente a los esfuerzos globales para combatir el cambio climático, al mismo tiempo que impulsaría su propia economía.

En este marco, desde el BID se apoyan y financian proyectos que impulsan esta transformación en la región, promoviendo un futuro más limpio y sostenible para todos. Por ejemplo, se creó la plataforma digital regional EMOVILAC<sup>56</sup>, cuyo principal objetivo es promover la implantación de la movilidad eléctrica en ALC. Esta iniciativa del BID pone en contacto a los responsables de la toma de decisiones de los sectores público y privado de la región para acelerar el despliegue de esta tecnología de forma sostenible y eficiente.

A su vez, el BID y el Fondo Verde para el Clima (GCF, por su sigla en inglés) han unido fuerzas para crear el primer fondo regional para promover la movilidad eléctrica (e-movilidad) y el uso del hidrógeno verde en ALC. Se espera que este fondo aporte US\$ 450 millones en préstamos concesionales y donaciones a nueve países de la región. El fondo facilitará la transición de las ciudades hacia un sistema de transporte público resiliente y bajo en emisiones de carbono, al acelerar la adopción de EVs y vehículos basados en el hidrógeno, y al volver más resilientes al cambio climático a los sistemas de movilidad urbanos. Los recursos permitirán impulsar este cambio en Barbados, Chile, Colombia, Costa Rica, Jamaica, Panamá, Paraguay, República Dominicana y Uruguay.

Este fondo financia diversas actividades. Casi dos tercios (US\$ 284 millones) se destinarán al financiamiento de la movilidad urbana eléctrica integrada. En tanto, el 22% del fondo (US\$ 98 millones) será usado para solventar infraestructura de micromovilidad resiliente al clima, como por ejemplo vehículos de corta distancia, estaciones de carga, carriles para bicicletas y calles peatonales. Además, se financiarán proyectos piloto de *vehicle-to grid* (vehículo a la red, también conocido como V2G<sup>57</sup>) y de hidrógeno verde para evaluar su viabilidad como formas de incrementar la resiliencia de la red eléctrica. El programa también incluye un fuerte componente de asistencia técnica para ayudar a mejorar el diseño. Como parte de esta iniciativa, está contemplado un plan de Acción de Género para aumentar la participación femenina y la conciencia de género en el sector de electromovilidad.

Por último, y en esta línea, BID Invest -el brazo de inversión en el sector privado del Grupo BID- también está trabajando en pos de la electromovilidad en la región. Actualmente se está implementando un proyecto en Colombia que consiste en adquirir una flota de 172 autobuses eléctricos y construir la infraestructura de recarga asociada a la prestación del servicio de transporte masivo en el área de Fontibón de la ciudad de Bogotá, distrito capital de Colombia. El proyecto permitirá sustituir una parte de la flota del transporte público de Transmilenio (compuesto por buses a diésel) por buses eléctricos, para reducir las emisiones de carbono, mejorar la calidad del aire y servir de ejemplo para la región<sup>58</sup>.

56 · "EMOVILAC". Accedido el 08.09.2023. <https://emovilac.com/about-us>

57 · V2G consiste en la utilización de las baterías de vehículos de baja emisión de carbono para el almacenamiento de electricidad y su posterior uso en situaciones de emergencia climatológica.

58 · "Proyecto de Buses Eléctricos Guagua Fontibón". IDB Invest. Accedido el 22.07.2023 <https://idbinvest.org/es/proyectos/proyecto-de-buses-electricos-guagua-fontibon>



# 9. Referencias



- Banco Interamericano de Desarrollo. 2014. ¿Cómo repensar el desarrollo productivo? Políticas e instituciones sólidas para la transformación económica. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/viewer/%C2%BFC%C3%B3mo-repensar-el-desarrollo-productivo-Pol%C3%ADticas-e-instituciones-s%C3%B3lidas-para-la-transformaci%C3%B3n-econ%C3%B3mica.pdf>
- Baruj, Gustavo, Federico Dulcich, Fernando Porta, y Matías Ubogui. 2021. *La transición hacia la electromovilidad: panorama general y perspectivas para la industria argentina*. Buenos Aires, Argentina. Documentos de Trabajo del CCE N° 5. Consejo para el Cambio Estructural-Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2021/03/dt\\_5\\_-\\_electromovilidad.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2021/03/dt_5_-_electromovilidad.pdf)
- Baruj Gustavo, Tomás Bril Mascarenhas, Alejandro Gottig, Matías Gutman, Fernando Porta, Jimena Rubio, Matías Ubogui, Darío Vázquez. 2022. “*Electromovilidad en la Argentina*”. Fundar.
- Bridge, Gavin, and Erika Faigen. 2022. “Towards the lithium-ion battery production network: thinking beyond mineral supply chains.” *Energy Research & Social Science* 89 (102659). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629622001633?via%3Dihub>
- Cáceres, Agustín. “El futuro de los vehículos eléctricos en América Latina.” Moviliblog. Noviembre 8, 2016. <https://blogs.iadb.org/transporte/es/el-futuro-de-los-vehiculos-electricos/>.
- Cai, Yongxia, Jared Woollacott, Robert H. Beach, Lauren E. Rafelski, Christopher Ramig, and Michael Shelby. 2022. *Insights from adding transportation sector detail into an economy-wide model: the case of the ADAGE CGE model*. (Presentado en la 25ª Conferencia Anual de Análisis Económico Global). Universidad de Purdue, West Lafayette, Proyecto de Análisis de Comercio Global. [https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/res\\_display.asp?RecordID=6664](https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/res_display.asp?RecordID=6664)
- Campbell, Craig. “Lithium-ion battery cells: cathodes and costs.” <https://Thedeepdive.ca>, 13, February 2019. <https://thedeepdive.ca/lithium-ion-battery-cells-cathodes-andcosts>.
- Chen, Jiaquian, Maksym Chepeliev, Daniel García-Macia, Dora M Iakova, James Roaf, Anna Shabunina, Dominique van der Mensbrugghe, y Philippe Wingender. 2020. *EU climate mitigation policy*. International Monetary Fund.
- Chen, Su-Mei, and Ling-Yung He. 2014. “Welfare loss of China’s air pollution: how to make personal vehicle transportation policy.” *China Economic Review* 31 (C): 106–18.
- Chepeliev, Maksym. 2022. “A revised CO<sub>2</sub> emissions database for GTAP.” GTAP Research Memoranda 6695. Center for Global Trade Analysis. Department of Agricultural Economics, Purdue University. [https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/res\\_display.asp?RecordID=6695](https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/res_display.asp?RecordID=6695)
- Chepeliev, Maksym, Israel Osorio Rodarte, and Dominique van Der Mensbrugghe. 2021. “Distributional impacts of carbon pricing policies under Paris Agreement: inter and intra-regional perspectives”. GTAP Working Papers 6194. Center for Global Trade Analysis. Department of Agricultural Economics, Purdue University.
- Chepeliev, Maksym. 2019. “GTAP-Power 10 data base: a technical note.” GTAP Research Memoranda 5938. Center for Global Trade Analysis. Department of Agricultural Economics, Purdue University. [https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/res\\_display.asp?RecordID=5938](https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/res_display.asp?RecordID=5938)
- Corong, Erwin, Hertel Thomas, Mcdougall Robert, Marinos Tsigas, and Dominique van der Mensbrugghe. 2017. “The standard GTAP model, version 7.” *Journal of Global Economic Analysis* 2 (1): 1–119. <https://jgea.org/ojs/index.php/jgea/article/view/47>.
- De Melo, Jaime. 1988. “Computable general equilibrium models for trade policy analysis in developing countries: a survey.” *Journal of Policy Modeling* 10 (4): 469–503.

- De Melo, Jaime, Kemal Dervis, and Sherman Robinson. 1982. *General equilibrium models for development policy*. Washington DC, World Bank. [https://www.un.org/en/development/desa/policy/mdg\\_workshops/eclac\\_training\\_mdgs/dervis\\_demelo\\_robinson\\_1982gemsfordevpolicy.pdf](https://www.un.org/en/development/desa/policy/mdg_workshops/eclac_training_mdgs/dervis_demelo_robinson_1982gemsfordevpolicy.pdf)
- Devadas, Shamila and Pennings, Michael. 2018. "Assessing the Effect of Public Capital on Growth : An Extension of the World Bank Long-Term Growth Model," Policy Research Working Paper Series 8604, The World Bank.
- Dixon, Peter B., and Dale Jorgenson, eds. 2013. *Handbook of computable general equilibrium modeling*. Modeling Volume 1, Pages 1-1841. Elsevier.
- Federal Consortium for Advanced Batteries. 2021. "National blueprint for lithium batteries." United States. Departments of Energy, Defense, Commerce, and State. [https://www.energy.gov/sites/default/files/2021-06/FCAB%20National%20Blueprint%20Lithium%20Batteries%200621\\_0.pdf](https://www.energy.gov/sites/default/files/2021-06/FCAB%20National%20Blueprint%20Lithium%20Batteries%200621_0.pdf).
- Ghandi, Abbas, and Sergey Paltsev. 2020. "Global CO<sub>2</sub> impacts of light-duty electric vehicles." *Transportation Research. Part D, Transport and Environment* 87 (102524): 102524. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1361920920307112?via%3Dihub>.
- Giordano, Paolo; Watanuki, Masakazu; Gavagnin, Osvaldo. 2013. "Modelo de equilibrio general computable BID-INT: Marco teórico y aplicaciones". Nota Técnica TN-505. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Gnann, Till, and Patrick Plötz. 2015. "A review of combined models for market diffusion of alternative fuel vehicles and their refueling infrastructure." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 47: 783-93.
- Guo, Zhiwei, Tao Li, Xinlin Wang, and Hongchao Zhang. 2022. "Evaluation of the promotion policy on electric vehicles using a static CGE model." In *Second International Conference on Applied Mathematics, Modelling, and Intelligent Computing (CAMMIC 2022)*. Edited by Chi-Hua Chen, Xuexia Ye, and Hari Mohan Srivastava. SPIE.
- Hirte, Georg, and Stefan Tscharaktschiew. 2013. "The optimal subsidy on electric vehicles in German metropolitan areas: a spatial general equilibrium analysis." *Energy Economics* 40: 515-28. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140988313001734>.
- Humphrey, John and Memedovic, Olga, The Global Automotive Industry Value Chain: What Prospects for Upgrading by Developing Countries. 2003. UNIDO Sectorial Studies Series Working Paper, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=424560> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.424560>
- International Council on Clean Transportation. 2020. "Growing momentum: global overview of government targets for phasing out sales of new internal combustion engine vehicles." <https://theicct.org/growing-momentum-global-overview-of-government-targets-for-phasing-out-sales-of-new-internal-combustion-engine-vehicles/>.
- IEA. 2020. *Global EV outlook 2020: entering the decade of electric drive?* IEA, Paris. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020>
- IEA. 2021. a. "Growth in demand for selected minerals from clean energy technologies by scenario, 2040 relative to 2020." IEA, Paris. <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/growth-in-demand-for-selected-minerals-from-clean-energy-technologies-by-scenario-2040-relative-to-2020>.
- IEA. 2021. b. *Global EV Outlook 2021: Accelerating ambitions despite the pandemic*. IEA, Paris. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021>
- IEA. 2021. c. *Net Zero by 2050: a roadmap for the global energy sector*. IEA, Paris. <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>

- IEA. 2022. a. *Global EV outlook 2022: securing supplies for an electric future*. IEA, Paris. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2022>
- IEA. 2022. b. "Transport." IEA, Paris. <https://www.iea.org/reports/transport>.
- IEA. 2023. a. *Global EV outlook 2023: catching up with climate ambitions*. IEA, Paris. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>
- IEA. 2023. b. "Global EV data explorer." IEA, Paris. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/global-ev-data-explorer>.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2023. "Climate change 2022. Mitigation of climate change: working group III contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change." Cambridge University Press. <https://www.cambridge.org/core/books/climate-change-2022-mitigation-of-climate-change/2929481A59B59C57C743A79420A2F9FF>.
- IPCC. 2023. "Climate change 2023: synthesis report". Contribution of working groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland. IPCC. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>.
- International Monetary Fund. 2021. "Investment funds: fostering the transition to a green economy". In: *Global financial stability report*. Washington DC, United States. <https://www.elibrary.imf.org/display/book/9781513595603/9781513595603.xml>.
- IMF. 2022. "Near-term macroeconomic impact of decarbonization policies". In: *World economic outlook. Report October 2022*. Washington DC, United States. <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2022/10/11/world-economic-outlook-october-2022#Chapters>.
- Karkatsoulis, Panagiotis, Pelopidas Siskos, Leonidas Paroussos, and Pantelis Capros. 2017. "Simulating deep CO<sub>2</sub> emission reduction in transport in a general equilibrium framework: the GEM-E3T model." *Transportation Research. Part D, Transport and Environment* 55:43-58. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S136192091630044X?via%3Dihub>.
- Karplus, Valerie J., Sergey Paltsev, Mustafa Babiker, and John M. Reilly. 2013. "Applying engineering and fleet detail to represent passenger vehicle transport in a computable general equilibrium model." *Economic Modelling* 30 (C): 295-305. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264999312002611?via%3Dihub>.
- Karplus, Valerie J., Sergey Paltsev, and John Reilly. 2010. "Prospects for plug-in hybrid electric vehicles in the United States and Japan: a general equilibrium analysis", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Elsevier, vol. 44(8), pages 620-641, October.
- Li, Wei, Zhijie Jia, and Hongzhi Zhang. 2017. "The impact of electric vehicles and ccs in the context of emission trading scheme in china: a CGE-based analysis." *Energy* 119: 800-816. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544216316644?via%3Dihub>.
- Lofgren, Hans, Rebecca Lee Harris, and Sherman Robinson. 2002. *A standard computable general equilibrium (CGE) Model in GAMS*. Washington DC, United States. International Food Policy Research Institute.
- López Soto, David, Alexandre Mejdalani, Michelle Hallack, y Enrique Chueca Montuenga. 2022. *La ruta energética de América Latina y el Caribe*. Monografía del BID 1037. Monografía del BID. Banco Interamericano de Desarrollo.

- López, Andrés y Pablo M. García. 2020. La inversión extranjera directa: Definiciones, determinantes, impactos y políticas públicas. Nota Técnica TN-1995. Banco Interamericano de Desarrollo
- Lowe, Marcy, Saori Tokuoka, Tali Trigg, and Gary Gereffi. 2010b. "Lithium-ion batteries for electric vehicles: the US value chain." CGGC. [https://unstats.un.org/unsd/trade/s\\_geneva2011/refdocs/RDs/Lithium-Ion%20Batteries%20\(Gereffi%20-%20May%202010\).pdf](https://unstats.un.org/unsd/trade/s_geneva2011/refdocs/RDs/Lithium-Ion%20Batteries%20(Gereffi%20-%20May%202010).pdf)
- Lutsey, Nicholas, and Michael Nicholas. 2019. "Update on electric vehicle costs in the United States through 2030." International Council on Clean Transportation. [https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/06/EV\\_cost\\_2020\\_2030\\_20190401.pdf](https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/06/EV_cost_2020_2030_20190401.pdf)
- Miller, Ronald E., and Peter D. Blair. 2009. *Input-output analysis: foundations and extensions*. Cambridge University Press. <https://www.cambridge.org/core/books/input-output-analysis/69827DA658E766CD1E17B1A47BA2B9C3>
- Miyata, Yuzuru, Hiroyuki Shibusawa, and Tomoaki Fujii. 2018. "Economic impact of subsidy policies to electric vehicle society in Toyohashi City in Japan — a CGE Modeling Approach." *The Singapore Economic Review* 63 (02): 409–29. <https://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S0217590817400185>.
- Paltsev, Sergey, Henry D. Jacoby, John M. Reilly, Laurent Viguier, and Mustapha Babiker. 2005. "Transport and climate policy modeling the transport sector: the role of existing fuel taxes in climate policy." In *Energy and Environment*, 211–38. Springer-Verlag.
- Paltsev, Sergey, Valerie Karplus, and John Reilly. 2008. "Incorporating household transportation sector into a general economic equilibrium model: implications for climate policy". *Conference papers* 331700, Purdue University, Center for Global Trade Analysis, Global Trade Analysis Project.
- Pérez Jaramillo, Daniel, María Clara Gutiérrez, y Richard Mix. 2019. *Electromovilidad: panorama actual en América Latina y el Caribe. Versión infográfica*. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://publications.iadb.org/es/electromovilidad-panorama-actual-en-america-latina-y-el-caribe-version-infografica>
- Pirmana, Viktor, Armida Salsiah Alisjahbana, Arief Anshory Yusuf, Rutger Hoekstra, and Arnold Tukker. 2023. "Economic and environmental impact of electric vehicles production in Indonesia." *Clean Technologies and Environmental Policy* 25 (6): 1871–85. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10098-023-02475-6>.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. "Informe movilidad eléctrica 2020." MOVE. Junio 18, 2021. <https://movelatam.org/4ta-edicion/>.
- Pyatt, Graham F., and Jeffery I. Round. 1979. "Accounting and fixed price multipliers in a social accounting matrix framework." *Economic Journal* 89 (356): 850–73.
- Quesnay, François. 1759. "Tableau économique". London Macmillan.
- Robson, Edward N., Kasun P. Wijayarathna, and Vinayak VDixit. 2018. "A review of computable general equilibrium models for transport and their applications in appraisal." *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 116 (C): 31–53.
- Rozas Balbontín, Patricio. 2022. *Menú de opciones de política pública para implementar la electromovilidad*. Comisión Económica para América Latina. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47959/S2200501\\_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47959/S2200501_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Secretaría de Minería de la Nación. 2021. "Informe especial litio." Buenos Aires, Argentina. Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe\\_litio\\_-\\_octubre\\_2021.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe_litio_-_octubre_2021.pdf).

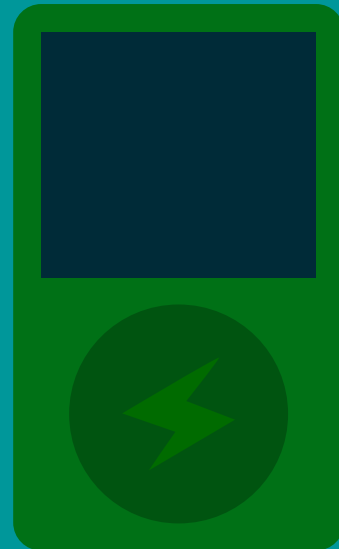


- Sen, Burak, Nuri C. Onat, Omer Tatari, and Murat Kucukvar. 2019. "Material footprint of electric vehicles: a multiregional life cycle assessment." *Journal of Cleaner Production* 219: 1033-43. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652618333420?via%3Dihub>
- S&P Global Marketing Intelligence. 2019. "Lithium sector: production costs outlook." <https://pages.marketintelligence.spglobal.com/lithium-sector-outlook-costs-and-margins-confirmation-CD.html>.
- Stone, R. y Brown, A. 1962. "A computable model of economic growth". Chapman and Hall London
- Suehiro, Shigeru, and Alloysius Joko Purwanto. 2019. "Study on electric vehicle penetrations' influence on 3Es in ASEAN." Economic Research Institute for ASEAN and East Asia.
- Tsiropoulos Ioannis, Dalius Tarvydas, and Natalia Lebedeva. 2018. *Li-Ion batteries for mobility and stationary storage applications: scenarios for costs and market growth*. Publications Office of the European Union. Joint Research Centre. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/e65c072a-f389-11e8-9982-01aa75ed71a1/language-en>.
- Wentker, Marc, Matthew Greenwood, and Jens Leker. 2019. "A bottom-up approach to lithium-ion battery cost modeling with a focus on cathode active materials." *Energies* 12 (3): 504. <https://www.mdpi.com/1996-1073/12/3/504>.
- Xu, Chengjian, Qiang Dai, Linda Gaines, Mingming Hu, Arnold Tukker, and Bernhard Steubing. 2020. "Future material demand for automotive lithium-based batteries." *Communications Materials* 1 (1). <https://www.nature.com/articles/s43246-020-00095-x>.
- Zhang, Runsen, and Shinichiro Fujimori. 2020. "The role of transport electrification in global climate change mitigation scenarios." *Environmental Research Letters* 15 (3): 034019. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab6658>.
- Zhang, Runsen, Shinichiro Fujimori, Hancheng Dai, and Tatsuya Hanaoka. 2018. "Contribution of the transport sector to climate change mitigation: insights from a global passenger transport model coupled with a computable general equilibrium model." *Applied Energy* 211: 76-88. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261917315490?via%3Dihub>.





# Anexos



## ANEXO 1: FIGURAS ADICIONALES

Figura 1: Participación en la producción mundial de cada mineral (2022, en porcentaje)

| Aluminio  | Participación | Cobalto      | Participación | Cobre      | Participación | Grafito         | Participación |
|-----------|---------------|--------------|---------------|------------|---------------|-----------------|---------------|
| China     | 58%           | Congo        | 68%           | China      | 27%           | China           | 65%           |
| India     | 6%            | Indonesia    | 5%            | Chile      | 15%           | Mozambique      | 13%           |
| Rusia     | 5%            | Rusia        | 5%            | Congo      | 8%            | Brasil          | 7%            |
| Canadá    | 4%            | Australia    | 3%            | Perú       | 5%            | Corea del Sur   | 1%            |
| EAU       | 4%            | Canadá       | 2%            | EE.UU.     | 5%            | Canadá          | 1%            |
| Baréin    | 2%            | Cuba         | 2%            | Rusia      | 4%            | Rusia           | 1%            |
| Australia | 2%            | Filipinas    | 2%            | Japón      | 3%            | Noruega         | 1%            |
| Noruega   | 2%            | Madagascar   | 2%            | Indonesia  | 3%            | India           | 1%            |
| EE.UU.    | 1%            | Nueva Guinea | 2%            | Australia  | 3%            | Corea del Norte | 1%            |
| Islandia  | 1%            | Turquía      | 1%            | México     | 3%            | Tanzania        | 1%            |
| Otros     | 14%           | Marruecos    | 1%            | Zambia     | 2%            | Vietnam         | 0,4%          |
|           |               | China        | 1%            | Kazakhstán | 2%            | Sir Lanka       | 0,2%          |
|           |               | EE.UU.       | 0,4%          | Polonia    | 2%            | Ucrania         | 0,2%          |
|           |               | Otros        | 5%            | Canadá     | 2%            | Turquía         | 0,2%          |
|           |               |              |               | Corea      | 1%            | México          | 0,1%          |
|           |               |              |               | Alemania   | 1%            | Austria         | 0,0%          |
|           |               |              |               | Otros      | 13%           | Alemania        | 0,02%         |
|           |               |              |               |            |               | Otros           | 7%            |

| Níquel          | Participación | Litio     | Participación |
|-----------------|---------------|-----------|---------------|
| Indonesia       | 48%           | Australia | 47%           |
| Filipinas       | 10%           | Chile     | 30%           |
| Rusia           | 7%            | China     | 15%           |
| Nueva Caledonia | 6%            | Argentina | 5%            |
| Australia       | 5%            | Brasil    | 2%            |
| China           | 3%            | Zimbabue  | 1%            |
| Brasil          | 3%            | Portugal  | 0,5%          |
| EE.UU.          | 1%            | Canadá    | 0,4%          |
| Canadá          | 0,4%          | Otros     | 1%            |
| Otros           | 17%           |           |               |

Fuente: USGS - Mineral Commodity Summaries 2022.

## ANEXO 2: DESCRIPCIÓN DE REGIONES Y SECTORES UTILIZADOS.

| Código Región | Descripción           |
|---------------|-----------------------|
| ARG           | Argentina             |
| BRA           | Brasil                |
| CHL           | Chile                 |
| MEX           | México                |
| COL           | Colombia              |
| OTHLA         | Resto de AL           |
| CAR           | Caricom               |
| CEAM          | América Central       |
| NAME          | América del Norte     |
| EUN           | Unión Europea         |
| CHN           | China                 |
| RoW           | RdM                   |
| SEAP          | Asia Pacifico         |
| ECA           | Europa y Asia Central |

| Código Sector         | Descripción                                   |
|-----------------------|---|
| agriculture_fish      | Agricultura, silvicultura y pesca             |
| coal                  | Carbón  |
| oil                   | Petróleo                                      |
| gas                   | Gas   |
| mining                | Minería                                       |
| food_bev              | Alimentos y bebidas                           |
| oth_indus             | Otras industrias                              |
| pet_coal_prod         | Refinados de petróleo                         |
| chemica_prod          | Químicos                                      |
| rubber_plastic        | Caucho y plástico                             |
| mineral_nec           | Minerales no metálicos                        |
| metals                | Metales                                       |
| electrical equip      | Equipo eléctrico                              |
| motor_vehicles        | Autos y sus partes                            |
| distr_electricity     | Distribución de electricidad                  |
| hydro_nuclear_power   | Generación elec. en base a Hidro y Nuclear    |
| coal_power            | Generación elec. en base a Carbón             |
| gas_power             | Generación elec. en base a Gas                |
| renewal_power         | Generación elec. en base a fuentes renovables |
| oil_power             | Generación elec. en base a Petróleo           |
| gas_distribution      | Distribución de gas                           |
| oth_serv              | Otros servicios                               |
| const                 | Construcción                                  |
| trade                 | Comercio                                      |
| transport_nec         | Transporte terrestre                          |
| insurance             | Servicios financieros                         |
| business_services_nec | Servicios profesionales                       |
| own_trns_EV           | Vehículos eléctricos                          |
| battery_EV            | Baterías para los EV                          |
| own_trns              | Vehículos a combustión                        |
| lithium               | Litio   |
| road_pet              | Combustible para vehículos ICE                |
| elec_ev               | Electricidad para los EV                      |

Fuente: Elaboración propia.