

LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ EN MÉXICO Y LA ELECTROMOVILIDAD

CLAUDIA SCHATAN

ECONOMISTA INDEPENDIENTE

RESUMEN

La industria automotriz está experimentando una profunda mutación tecnológica a escala mundial. Este proceso puede resumirse en la transición de los vehículos de combustión interna a los eléctricos, que permitirá reducir la emisión de gases de efecto invernadero. Este cambio representa un conjunto de desafíos para el complejo industrial-exportador del sector automovilístico en México, pero también abre ventanas de oportunidad cuyo eventual aprovechamiento exige el diseño de acciones estratégicas. Este texto describe la relevancia de la transformación en curso, y analiza algunas de sus principales implicaciones para México.

ABSTRACT

The automotive industry is undergoing a profound technological mutation on a global scale. This process can be summed up as the transition from internal combustion vehicles to electric ones, which will reduce greenhouse gas emissions. This change represents a set of challenges for the industrial-export complex of the automotive sector in Mexico, but it also opens windows of opportunity whose eventual use requires the design of strategic actions. This text describes the scope of the transformation underway, and analyzes some of its main implications for Mexico

Antecedentes

Se vislumbra, a nivel mundial, una gran transformación en la industria automotriz a consecuencia de un cambio tecnológico profundo, unido a alteraciones en su cadena de valor y en sus modelos de negocio. Este fenómeno en gran parte resulta de numerosas acciones, medidas y regulaciones que se comienzan a adoptar en buena parte del planeta, con el fin de mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), en general, y las provenientes del sector automotor en particular. Mucha de esta incipiente revolución en el sector apunta a dejar de producir eventualmente vehículos de combustión interna (VCI) y reorientar la producción hacia vehículos eléctricos (VE), con miras a reducir las emisiones mencionadas de este sector y con ello contribuir a llegar a 2050 con cero emisiones

netas de GEI para detener el cambio climático (CC). Nos preguntamos en este artículo qué repercusiones puede tener esta metamorfosis para las actividades del sector automovilístico en México.

La importancia de la industria automotriz en México a lo largo de las últimas décadas es indudable por su contribución al PIB (18.9% del PIB manufacturero en 2020);¹ a las exportaciones (27% del total de ellas en 2019)²; a la inversión extranjera directa (IED), al ser el destino del 20% de aquella que llega al país (entre 2017 y 2021);³ así como al empleo (casi un millón de empleos directos en 2021).⁴ A nivel mundial, México era el sexto productor de automóviles y el primero en América Latina en 2020 (Micheli y Carrillo, 2021), si bien en 2020-2021, su desempeño ha sido afectado por la pandemia de la Covid-19.⁵

El sector automovilístico mexicano está inserto en una cadena global de valor (CGV) y se exporta alrededor de 85% de la producción, mientras el restante 15% se destina al mercado doméstico.⁶ Esto significa que aun-

1 Estadísticas de Auto Motores Informa, <https://www.automotores-rev.com/descendio-participacion-de-la-industria-automotriz-en-el-pib-de-mexico-en-2020/>

2 CEPAL, sobre la base de información del Banco de México e INEGI.

3 Estadísticas de la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA), *Importancia de la Industria Automotriz*, https://www.amia.com.mx/publicaciones/industria_automotriz/

4 Statista (2022), Personal ocupado en la industria automotriz en México de 2013 a 2021, <https://es.statista.com/estadisticas/643234/personal-ocupado-industria-automotriz-mexico/>

5 En 2000 se produjo un total de 1,935,527 vehículos y en 2018 eran 4,100,525. La producción cayó por debajo de los cuatro millones en los últimos dos años como producto de la pandemia, principalmente (International Organization of Motor Vehicle Manufacturers, <https://www.oica.net/category/production-statistics/2000-statistics/>).

6 El porcentaje de exportaciones era mayor en 2021 para los vehículos ligeros (90% del total), que para los vehículos pesados (85.2 del total), de acuerdo a INEGI, <https://www.inegi.org.mx/datosprimarios/iavl/>; <https://www.inegi.org.mx/datosprimarios/iavp/>, respectivamente. La exportación de autopartes era de 83% del total producido en 2017 (cifra más reciente encontrada), de acuerdo al INA (2018), <https://ina.com.mx/wp-content/uploads/2021/03/Dialogo-con-la-industria-automotriz-2018-2024.pdf>.

que se cuente con insuficientes regulaciones que incidan en la transición de la producción de VCI a VE, esta reorientación tendrá que ocurrir sobre todo como resultado de las exigencias de los mercados de destino de los vehículos exportados (principalmente Estados Unidos) y de los compromisos de las propias empresas multinacionales que operan en el sector automotriz en México, para las cuales, además, la producción de VE es una gran oportunidad de negocio.

El sector de transporte y el compromiso de mitigación de emisiones en el mundo

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) previó que se necesita reducir las emisiones netas de GEI a cero para 2050 (IPCC, 2018), si se quiere evitar que las temperaturas en el mundo se eleven a niveles tales que sus efectos sean devastadores para el planeta y la vida humana. Un nuevo informe del IPCC (2022) muestra un panorama más alarmante que los anteriores: “el grado y la magnitud de los impactos del cambio climático sobre la naturaleza son mayores que lo que se había evaluado anteriormente. Los impactos que vemos hoy están apareciendo en forma más rápida, son más disruptivos y con efectos más amplios de lo que se esperaba hace 20 años.”⁷

El esfuerzo para mantener la temperatura del mundo por debajo de los 2°C respecto a los niveles pre-industriales y preferiblemente a no más de 1.5°C por sobre ese nivel, conforme a los acuerdos entre los países participantes en la Cumbre de París de 2015,⁸ requiere de medidas aún más urgentes de implementar, de acuerdo a los nuevos hallazgos del IPCC

7 Traducción propia.

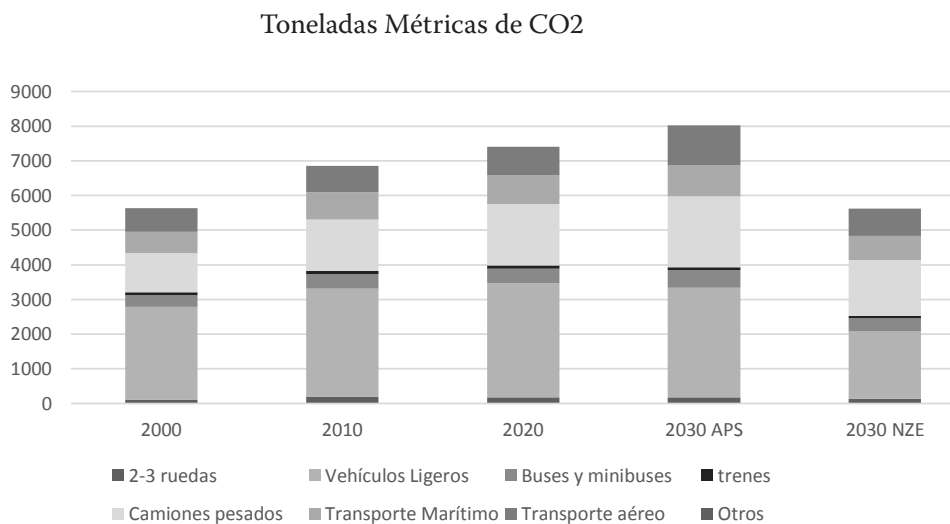
8 Este Acuerdo entró en funciones el 4 de noviembre de 2016, y en ese momento había 193 Partes firmantes (Acción Climática, Naciones Unidas, <https://www.un.org/en/climatechange/paris-agreement>). Los suscriptores del Acuerdo de Glasgow (COP 26) fueron 197 Partes (<https://theconversation.com/glasgow-climate-pact-where-do-all-the-words-and-numbers-we-heard-at-cop26-leave-us-171704>).

publicados en 2022. Así, si las contribuciones a la mitigación de GEI de cada país (NDC por sus siglas en inglés) estaban pensadas para ser profundizas progresivamente, según el Acuerdo de París original, ello es aún más apremiante ahora. De hecho, ante la presionante realidad, en la COP 26 en Glasgow (2021) todos los países que han suscrito los acuerdos NDC se han comprometido a revisar sus metas originales al 2030 para superarlas y así hacer más efectivo el combate al CC para detener “a tiempo” el aumento de las temperaturas (IPCC, 2021). Los compromisos adoptados en los NDC se han considerado vinculantes internacionalmente, y los países deben dar un informe cada cinco años sobre sus avances y a la vez deben comprometerse a metas más ambiciosas a futuro.

El sector transporte es particularmente importante cuando se piensa en detener el cambio climático, pues es responsable de cerca de 20% de la emisión total de CO₂ en el mundo.⁹ Dentro del sector transporte, el terrestre es el mayor generador de emisiones de CO₂, como puede apreciarse en la Figura 1, pues explica más de 70% de ellas en los años seleccionados, y de éstos, dos tercios se originan en el sector de vehículos ligeros. Por otra parte, al ver las estimaciones de las emisiones de CO₂ para 2030, se observa que aun con los compromisos asumidos por los países para abatir emisiones a partir del Acuerdo de París (es decir las emisiones tomando en cuenta los NDC, o APS –atención primaria en salud–) aumentan las emisiones de todo el transporte para 2030, incluyendo el terrestre. De hecho, estas emisiones son considerablemente más altas de lo que se requiere para alcanzar un escenario de cero emisiones para 2050 (NZE), como se aprecia en la misma Figura 1.

9 Our World in Data, Cars, planes, trains: where do CO2 emissions from transport come from?
<https://ourworldindata.org/co2-emissions-from-transport>.

Figura 1
Emisiones de CO₂ del Sector Transporte a nivel Mundial



APS = Escenario considerando los compromisos nacionales (NDC).

NZE = Escenario de cero emisiones netas al 2050.

Fuente: IEA, Transport sector CO₂ emissions by mode in the Sustainable Development Scenario, 2000-2030.

<https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/transport-sector-co2-emissions-by-mode-in-the-sustainable-development-scenario-2000-2030>.

En este contexto, una de las iniciativas para detener el cambio climático (CC) que ha tomado fuerza para intentar reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera, es la transición energética de los vehículos de transporte terrestre con tecnología de combustión interna (VCI) a los impulsados por electricidad (VE). El problema de las emisiones de la planta automotriz mundial no es menor no sólo porque es actualmente un gran generador de ellas, sino porque la dinámica de crecimiento de los vehículos es acelerada. Entre 2000 y 2018, la producción de automóviles se casi duplicó, de 58 millones a 97 millones anuales

globalmente,¹⁰ es decir, una expansión promedio cinco veces mayor a la de la población mundial. La perspectiva de crecimiento del número de automotores en el mundo para las siguientes décadas será también significativa, pues sigue habiendo una preferencia por los automóviles privados, aunque debido a la expansión de la movilidad compartida, especialmente aquella para la que se usa un medio electrónico (*e-hailing*) esta dinámica probablemente sea menor que en el pasado (de 3.7% anual en promedio en 2000–2018 a un estimado 2% hacia el 2030, Mc Kinsey & Company, 2016).

El paso de los VCI a los VE ha creado muchas esperanzas para reducir considerablemente las emisiones de GEI en el mundo, y se están llevando adelante un número importante de iniciativas para hacer posible dicha transición. Este cambio está dirigido a eliminar emisiones sin tener, en principio, que cambiar en forma drástica los hábitos actuales de movilidad, lo cual sin duda es un tema de discusión (Schatan, 2022). Los VE incluyen aquellos que son totalmente eléctricos, los vehículos híbridos enchufables¹¹ y los que son impulsados por hidrógeno, aunque estos últimos sólo empiezan a desarrollarse.

En diciembre de 2021 en la COP26 (26ª Conferencia de las Partes de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático), varios gobiernos, empresas automotrices y organizaciones con influencia sobre la industria automotriz y el transporte terrestre asumieron un compromiso para acelerar la transición hacia la producción de vehículos con cero emisiones¹² –*Declaración de la COP16 sobre la aceleración de la transición a automóviles y camionetas 100% de cero emisiones*– para ayudar a que se cumplan las metas del Acuerdo de París. El compromiso consiste en que

10 Statista, <https://www.statista.com/statistics/262747/worldwide-automobile-production-since-2000/>

11 Los vehículos híbridos no enchufables no caen en la categoría de vehículos eléctricos.

12 En esta declaración “cero emisiones” se refiere a cero emisiones del tubo de escape del automóvil, de forma que no toma en cuenta las emisiones que se producen en toda su cadena de valor.

todas las ventas de automóviles y camionetas tengan nulas emisiones para 2040, y posiblemente para 2035, en mercados líderes. Firmaron este acuerdo (no vinculante) 38 países (no lo hicieron Estados Unidos, China ni Japón, es decir, los más grandes emisores, pero México sí lo firmó), además de 46 ciudades, 11 industrias automotrices,¹³ un número considerable de inversionistas en el sector, entre otros actores (Gobierno de Gran Bretaña, 2021).

El reto que presenta la conversión a VE es inmenso pues, aunque su producción y venta se expanden aceleradamente, esta industria se encuentra en sus inicios. En 2020 transitaban sólo 10 millones de VE globalmente (IEA, International Energy Agency, 2021), es decir, 1% del parque vehicular. Sin embargo, en un escenario de desarrollo sostenible, de acuerdo a la EIA, para 2030 tendrá que haber 230 millones de VE circulando mundialmente (IEA, 2021).

El desafío es mayúsculo desde el punto de vista de los costos involucrados y desde el punto de vista técnico. Se necesita una gran inversión en la instalación de una infinidad de nuevas plantas automotrices, así como en la adaptación de la infraestructura que produce VCI existente con el fin de producir los VE. También se requieren enormes inversiones en infraestructura de estaciones de recarga eléctrica para estos VE. Finalmente, se necesitan considerables recursos, especialmente públicos para, mediante incentivos, ayudar a equiparar el valor de venta de los VE con los VCI y hacerlos accesibles a los consumidores porque, en la práctica, los primeros son más caros que los segundos debido a los mayores costos involucrados en su producción. Aunque ha habido un significativo progreso en este último aspecto porque el precio de las baterías, que alcanzan alrededor de 40% del valor de los VE, han bajado marcadamente,

13 Entre las que firmaron están Ford, Mercedes-Benz, General Motors y Volvo, pero no otras muy importantes como Toyota, Volkswagen, y Nissan-Renault (NYT, <https://www.nytimes.com/2021/11/09/climate/cars-zero-emissions-cop26.html>).

ello no ha ocurrido en una magnitud suficiente.¹⁴ Por tanto, la decisión de transitar de los VCI hacia los VE hace indispensables los apoyos gubernamentales mencionados.

No son sólo recursos los que se necesitan para llevar adelante este cambio tan relevante, sino también un avance en la tecnología que permita aumentar significativamente la capacidad de recorrido de un VE entre una recarga eléctrica y otra (autonomía del automóvil), así como aumentar la velocidad de recarga de electricidad, que actualmente es muchísimo más lenta que la carga de combustible.

Conjuntamente con los recursos provistos para la conversión hacia VE y la esencial innovación tecnológica para ello, es indispensable una regulación que induzca a los distintos actores involucrados a comportarse acorde con el gran cambio al que se aspira. Se han estado introduciendo reglas especialmente desde que se firmó el Acuerdo de París, pero se siguen afinando y profundizando. Por ejemplo, en julio de 2021 se aprobó la Ley del Clima¹⁵ de Europa, por la cual se establece que la UE alcanzará la neutralidad climática en 2050 (las emisiones netas deben haberse reducido a cero para entonces). Este mismo acuerdo tiene como objetivo colectivo la reducción neta de emisiones de GEI en al menos 55% para 2030 en comparación con 1990, que es una meta mucho más ambiciosa que aquella a la cual se había comprometido la región en 2014 (abatir 40% las emisiones de GEI para 2030).¹⁶ Acorde con lo anterior está el compromiso de la UE de eliminar la venta de VCI para 2040 (y algunos países incluso ponen la meta de 2035 para lograrlo). Las medidas para inducir a las automotrices a reaccionar no son menores. El incumplimiento de los estándares de emisiones establecidos para las empresas enfrentan multas significativas. Las nuevas normas en la UE de 2020 para

14 Policy Advice, *Electric Car Statistics in the us and Abroad*, 12, agosto, 2021, <https://policyadvice.net/insurance/insights/electric-car-statistics/>

15 Diario Oficial de la Unión Europea, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R1119&from=ES>

16 Esta meta de reducción de 40% de las emisiones fue aprobada por el Consejo Europeo en el “Marco 2030 de Política para Clima y Energía”, octubre 2014).

emisiones de CO₂ establecieron un límite de 95g/km en promedio en todos los automóviles vendidos, pero se predecía a principios de 2021 que la norma no sería acatada por las 13 automotrices más importantes de la UE y que, en conjunto, tendrían que pagar multas de alrededor de 14.5 mil millones de euros.¹⁷

Estados Unidos, por su parte, se ha propuesto reducir entre 50 y 52% sus emisiones de GEI para 2030, respecto a sus niveles de 2005, y convertirse en un país con cero emisiones netas para 2050.¹⁸ En el sector automovilístico, específicamente, el presidente Joe Biden firmó una Orden Ejecutiva que determina que para 2030 la mitad de todos los nuevos vehículos vendidos deben ser eléctricos y, además, establece metas mucho más exigentes que las existentes para la eficiencia de aquellos vehículos que sigan siendo de combustión interna, por lo que define estándares de emisiones más estrictos.¹⁹ Conjuntamente con estas medidas, en su nueva ley de infraestructura el presidente Biden asigna 7.5 mil millones de dólares para la instalación de 500,000 puntos públicos de recarga de VE.²⁰ Las medidas tomadas en algunos estados en ese país son mucho más ambiciosas que las de nivel federal. California, por ejemplo, decidió prohibir la venta de nuevos VCI a partir de 2035.²¹

17 Fleet News (2021), <https://www.fleetnews.co.uk/news/manufacturing-news/2021/01/28/most-car-makers-will-avoid-eu-emission-fines>

18 La Casa Blanca, Gobierno de Estados Unidos, *Fact Sheet*, <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/04/22/fact-sheet-president-biden-sets-2030-greenhouse-gas-pollution-reduction-target-aimed-at-creating-good-paying-union-jobs-and-securing-u-s-leadership-on-clean-energy-technologies/>

19 La Casa Blanca, Gobierno de Estados Unidos, *Fact Sheet*, <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/08/05/fact-sheet-president-biden-announces-steps-to-drive-american-leadership-forward-on-clean-cars-and-trucks/>

20 La Casa Blanca, Gobierno de Estados Unidos, *Fact Sheet* <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/12/13/fact-sheet-the-biden-harris-electric-vehicle-charging-action-plan/>

21 Oficina del Gobernador Gavin Newsom (2022), *Governor Newsom Releases California Blueprint to Take on the State's Greatest Existential Threats and*

China, a su vez, de acuerdo a un estudio de Shanjun Li *et al.* (2020), es el mercado para VE más grande y con el mayor número de estaciones de carga eléctrica, aunque la relación VE/estaciones de carga es menor que en Europa y en Estados Unidos. La meta establecida por China es que los VE alcancen 40% del total de automotores nuevos vendidos en 2030. Las regulaciones impuestas a las automotrices, para estimular la conversión de su producción a VE, incluyen un creciente límite a las emisiones por kilómetro recorrido, que sólo será posible con el aumento considerable de VE en el total producido (ciudades como Beijing y Shanghái han puesto regulaciones adicionales propias). También existen subsidios importantes al consumo, dependiendo de los atributos del coche, a favor sobre todo de aquellos con mayor recorrido sin necesidad de recarga (autonomía). Asimismo, hay incentivos no monetarios que incluyen evitar las restricciones de tránsito en horas pico, entre otras. Por el lado de la infraestructura para la recarga eléctrica, el gobierno ha tenido un papel muy importante en su desarrollo a través del *China Electric Vehicle Charging Infrastructure Promotion Alliance*, y hay participación del sector privado como proveedor de tal infraestructura. En el caso de China, de acuerdo al estudio mencionado, los subsidios a la construcción de las redes de recarga de energía son más costo-efectivas que los provistos al consumo (que en promedio equivalieron a 7,000 dólares por VE en el período estudiado, Li *et al.* 2020).

Las empresas de la industria automotriz, a nivel global, están respondiendo rápidamente a los incentivos y a las nuevas regulaciones que se están introduciendo para estimular el paso de los VCI a los VE. Estas empresas han hecho inversiones propias, incrementando y diversificando su oferta de VE. De hecho, incluso durante el período de la pandemia (2019–2020) aumentó en 40% el número de modelos de VE disponibles

Build on Historic Progress, <https://www.gov.ca.gov/2022/01/10/governor-newsom-releases-california-blueprint-to-take-on-the-states-greatest-existential-threats-and-build-on-historic-progress/>

en el mercado automovilístico internacional (IEA, 2021). A la vez, han hecho sus propias investigaciones y desarrollos (I&D) para mejorar los VE de manera que sean cada vez más competitivos con los VCI, con especial énfasis en extender la autonomía de los coches antes de tener que recargarse (de 200 a 350 kms, en promedio, entre 2015 y 2020; IEA, 2021).

La gran revolución de los vehículos eléctricos está transformando la manera de producir los automóviles y demás vehículos terrestres y, por tanto, la cadena de valor involucrada en dicha producción. La cadena global de valor (CGV) de la industria automotriz ya venía experimentando cambios a raíz de innovaciones tecnológicas como el “internet de las cosas” (IoT) que permite una mayor fluidez y autocorrección de fallas en el funcionamiento de dichas cadenas, la introducción de impresoras 3D que ayuda a producir partes automotrices en la mismas empresas en lugar de traerlas de lugares lejanos (aún incipiente), mayor importancia de los eslabones de componentes electrónicos en la cadena y que constituyen cada vez una mayor proporción del valor de los automóviles (y que culminará en los vehículos autónomos), entre otros. Sin embargo, el paso de VCI a VE significa una transformación más profunda, pues muchos proveedores de partes para la industria de VCI no tendrán un mercado en la industria de VE. Este nuevo tipo de vehículos son mecánicamente más simples que los VCI. Entre otros, no se necesitarán tubos de escape, sistemas de inyección de combustibles, ni las piezas que forman parte de la transmisión.

Como se ha mencionado antes, el componente más valioso de los VE es la batería, que tiene una cadena de valor propia. El mayor productor de baterías es China, que en 2020 producía 72% del total mundial, siguiéndole Asia (Japón y Corea del Sur) con 12.9%, y Estados Unidos con 9.2%. Para ser competitivas, las baterías tienen que ser producidas en mega-plantas, lo que requiere de grandes inversiones iniciales. Las perspectivas al 2030 son que China produzca 66.9% del total de baterías, Estados Unidos 11.9% y Asia 4.0% (The Oxford Institute for Energy Studies,

2021), es decir, Estados Unidos piensa acelerar considerablemente sus inversiones en este rubro. Por ahora las baterías más usadas para los VE son las de litio, pues son comparativamente más livianas, más pequeñas y con más capacidad de almacenaje que otras. La producción de estas baterías requiere diversos minerales además del litio, especialmente níquel, cobalto, así como minerales raros cuya extracción conlleva problemas ambientales y de condiciones de trabajo. Los principales productores de estos minerales son Argentina, Australia, Bolivia, Chile, China, Indonesia, la República Democrática del Congo y Sudáfrica. Eventualmente, cuando se haya generalizado más el uso de VE, y por su antigüedad comiencen a desecharse, el reciclaje de las baterías será una parte importante de la cadena de valor, pues podrá recuperarse de ellas los minerales mencionados. En general, la parte de las baterías de la CGV de los VE es compleja y vulnerable, por los insumos que requiere y las zonas geográficas de las que provienen. Las dificultades que puede encontrar la cadena de valor de los VE ha llevado a la empresa Tesla, la mayor productora de VE en occidente (28% del mercado mundial en 2020²²) a integrarse verticalmente, incluyendo la producción del software que necesita para este tipo de vehículos, la explotación y refinación de su propio litio, la producción (e innovación) de sus baterías, así como la producción e instalación de la red de puntos de recarga eléctrica para sus coches.

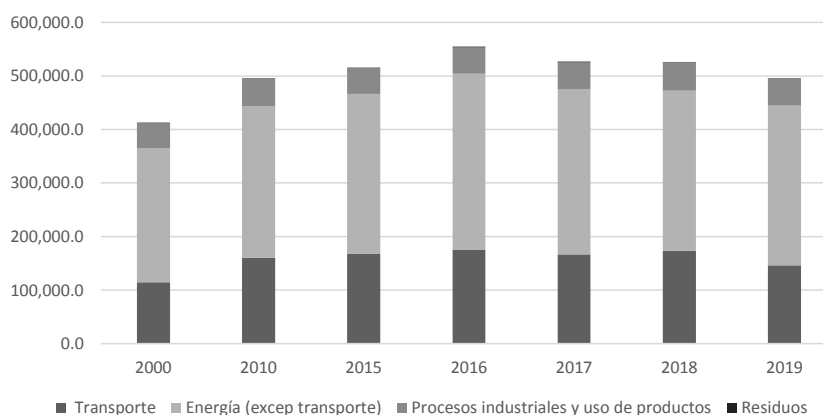
La industria automotriz mexicana ante el reto de la transición de los VCI a los VE

México, al igual que muchos otros países, tiene un sector de transporte que es un importante emisor de CO₂ (y otros gases de efecto invernadero, GEI), y que contribuye con una proporción significativa del total de dichas emisiones generadas en esta nación. Como se aprecia en la Gráfica

22 Power Right (2020), *Today's Biggest Electric Vehicle Manufacturers in the World* <https://www.powerright.ie/article/biggest-ev-manufacturers-in-the-world-2020>.

2, el sector transporte originaba 146,054 Gg de CO₂, o 27.2% del total de emisiones de CO₂ en el país (excluyendo agricultura, silvicultura, etc.) en 2019.

Figura 2
Inventario nacional de emisiones de CO₂ México



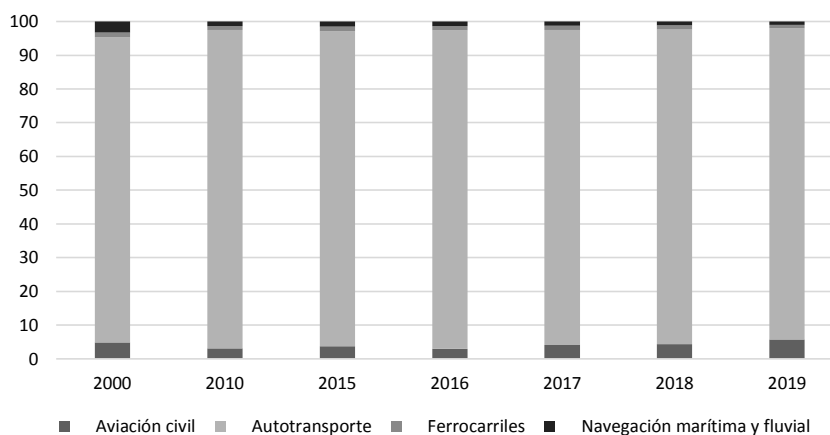
*No incluye el sector de Agricultura, Silvicultura y otros usos de la tierra (en todos los años para este sector las emisiones netas de CO₂ son negativas).

Fuente: Secretaría del Medio Ambiente e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC); Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGYCEI).

Dentro del sector transporte, como puede apreciarse en la Figura 3, el de autotransporte es por mucho el que mayores gases CO₂ emite en comparación con el transporte aéreo, el marítimo y el ferrocarril. En este contexto adquiere mucha relevancia la transición de vehículos de combustión interna, tanto ligeros como pesados, a vehículos que operen a base de energía eléctrica.

Figura 3

Emissiones CO2 por Sector de Transporte en México, Porcentajes



Fuente: Secretaría del Medio Ambiente e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC); Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGYCEI).

Sin embargo, la transición del uso de VCI a VE en México es muy incipiente. Como puede verse en el Cuadro 1, los vehículos eléctricos tienen una presencia muy limitada en el conjunto de la planta automotriz nacional, es decir, no llegaba a 0.1% del total en 2021 y éstos en su mayoría eran híbridos (no enchufables), que no son considerados como automóviles eléctricos en las clasificaciones internacionales de VE.

Tabla 1
Vehículos de motor registrados en circulación incluyendo vehículos eléctricos

	Números de vehículos a diciembre de cada año y porcentaje VE			
	2018	2019	2020	2021p
Automóvil	32,230,624	33,541,043	33,924,025	34,444,137
Camión de pasajeros	440,470	450,423	457,351	824,087
Camión de carga	10,884,371	10,934,254	10,548,099	10,736,566
Total	43,555,465	44,925,720	44,929,475	46,004,790
Vehículos eléctricos (VE)	17,807	25,608	24,405	39,194
VE como porcentaje del total	0.04	0.06	0.05	0.09

Fuente: INEGI, 2022, Parque Vehicular. <https://www.inegi.org.mx/temas/vehiculos/> y Statista, Número de vehículos eléctricos e híbridos vendidos en México desde 2016 a 2021, <https://es.statista.com/estadisticas/1114981/volumen-ventas-vehiculos-electricos-hibridos-mexico/> p: preliminar.

Las emisiones del sector transporte, especialmente el automotor, está entre las preocupaciones de México, pues el país ha suscrito los compromisos del Acuerdo de París (2015) para lograr cero emisiones netas de GEI al año 2050. Los compromisos condicionados de México (es decir, los que debe cumplir con sus propios recursos) en el Acuerdo de París consisten en la obligación de reducir 22% las emisiones de GEI y 51% las emisiones de carbono negro (CN) para 2030 respecto al escenario tendencial (*business-as-usual*, BAU). Los compromisos condicionados, es decir, los que asume si llegara a contar con recursos adicionales externos (por ejemplo, apoyo de instrumentos financieros, técnicos, tecnológicos y de fortalecimiento de capacidades) son más ambiciosos, pues la meta de reducciones es de 36% de las emisiones GEI y de 70% en las de CN en 2030, respecto al escenario BAU.

En las Contribuciones de México al Acuerdo de París (NDC, *nationally determined contributions*) de 2015 se estimó que, en un escenario inercial, las emisiones del sector transporte llegarían en 2030 hasta 250 MtCO₂e (millones de toneladas de CO₂ equivalentes) en ausencia de medidas de mitigación. De acuerdo al compromiso no condicionado de México, las emisiones del sector transporte no deberían exceder los 205 MtCO₂e en 2030, de manera que estarían reduciendo 45 MtCO₂e con respecto a la línea base proyectada (Iniciativa Climática, 2021).

Adicionalmente, como está mencionado en la sección anterior, los compromisos asumidos en los Acuerdos de París exigen que cada cinco años las metas originales de reducción de emisiones se hagan más ambiciosas, lo cual requiere una política de abatimiento de emisiones del transporte más estrictas, al igual que para otras fuentes contaminantes. En su NDC revisada en 2020, no obstante, México no hizo cambios significativos y, acorde con ello, las metas de emisiones del sector transporte se mantuvieron prácticamente inalteradas (Gobierno de México, 2020).

Hay que agregar a los compromisos mencionados (NDC) que México suscribió un acuerdo adicional muy ambicioso en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático 2021 (COP26), por el cual se compromete a que todos los automóviles y camionetas vendidas a partir de 2040 en el país sean de cero emisiones. Ello significa que necesitaría tomar muy en serio la transición hacia la producción de VE. Por ahora, sin embargo, el país tiene reglas atrasadas para la efectiva mitigación de emisiones del transporte. Actualmente, existen tres normas principales que establecen los límites máximos permisibles de emisiones contaminantes en México. Una de ellas se aplica a los vehículos que ya se encuentran en circulación (NOM-041-SEMARNAT), otra atañe a vehículos nuevos que usan gasolina (NOM-042-SEMARNAT) y la tercera es para vehículos a diésel, incluyendo los que están en circulación (NOM-044- SEMARNAT).²³

23 Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) e Instituto Mexicano del Transporte (2019), Revisión de la Normativa Internacional sobre Límites de Emisiones Contaminantes de Vehículos de Carretera, *Publicación Técnica* No. 562, <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt562.pdf>

Las normas vigentes en México equivalen a las de Estados Unidos (2010) y Europa (2013), pero que ya han sido superadas por reglas más exigentes en esos países. Aunque existen proyectos de actualización de las normas nacionales en México, éstas no se han implementado aún, y el que la regulación sea relativamente laxa en cuanto al promedio de emisiones permitidas a los vehículos, resta estímulos importantes a la transición hacia los vehículos de cero emisiones en el mercado nacional. Sin embargo, por ser la gran mayoría de la producción automotriz dedicada a mercados externos, que avanzan rápidamente en mejorar sus regulaciones para alcanzar el 2050 con cero emisiones vehiculares, los productores en México tendrán que acatar dichas normas si quieren conservar sus mercados externos, especialmente el más importante, es decir, el de Estados Unidos.

A pesar del rezago señalado, las oportunidades de desarrollar la industria de VE en México son prometedoras, dada la explosión que existe a nivel internacional en la demanda por estos productos, incluido el mercado de Estados Unidos. Este camino no está exento de desafíos importantes para México y con efectos ambivalentes sobre la industria. Primero, existen fuerzas que pueden concentrar más la producción de los automóviles en territorio de Estados Unidos y generar la repatriación de algunas empresas establecidas en México, reduciendo la participación de este país en las CGV. Entre éstas está el hecho de que el T-MEC requiere una regla de origen para el sector automotriz de mayor valor agregado regional del que exigía el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) y que, dadas las particularidades de estas disposiciones, es muy probable que se concentre más la producción de ciertas partes (especialmente las más sofisticadas) en territorio de Estados Unidos, además de los requisitos de pagos salariales mínimos, que también pueden impedir a México ser proveedor de parte de lo que hasta ahora ha surtido a esta industria (T-MEC²⁴). Segundo, y en un sentido positivo para

24 Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC), <https://www.gob.mx/t-mec/acciones-y-programas/textos-finales-del-tratado-entre-mexico-estados-unidos-y-canada-t-mec-202730?state=published>.

el sector automovilístico mexicano, puede haber renovadas inversiones para aprovechar las mismas nuevas reglas de origen, especialmente en lo que se refiere a posible traslado de procesos de Asia a México, justamente para aprovechar las reglas de origen del T-MEC, que ahora exigen un mínimo de 75% de producción de los vehículos a nivel regional en comparación con 62.5% en el anterior TLCAN. Cuál será el balance entre estas fuerzas está por verse.

Una tercera fuerza que puede actuar sobre la industria automotriz en México es la intención de la administración del presidente Joe Biden de Estados Unidos de impulsar la industria nacional de ese país con un sesgo proteccionista que podría perjudicar al primer país, entre otras, en la industria automotriz. La propuesta de ley *Building Back Better* del presidente Joe Biden, que hasta el momento no ha sido aprobada, contempla estímulos muy importantes para promover la producción y el uso de VE en ese país, con el fin no sólo de disminuir las emisiones, sino también de aumentar y mejorar los empleos en Estados Unidos. Esa iniciativa de ley contempla un crédito fiscal de 7,500 dólares para un vehículo eléctrico (totalmente eléctrico, o híbrido enchufable), otros 4,500 dólares si se trata de un VE ensamblado en Estados Unidos por trabajadores sindicalizados, y otros 500 dólares si la batería del automóvil ha sido producida en ese país. En otras palabras, se trata de un crédito fiscal total de 12,500 dólares, 40% del cual está condicionado a que el vehículo se haya fabricado en Estados Unidos. De aprobarse esta ley, impediría que los VE producidos en México compitieran en igualdad de condiciones con aquellos producidos en Estados Unidos y desalentaría las inversiones en el sector automotriz en México. Si no se aprueba esta ley, podrían surgir otros instrumentos de política industrial del vecino del norte que traten de integrar más su cadena de valor de la producción de VE.

En la práctica, existen ya en Estados Unidos una serie de incentivos federales, como créditos dirigidos a la reconversión industrial para la producción de VE, para la I&D de las nuevas tecnologías para VE, la

construcción de infraestructura de recarga eléctrica de VE, entre muchas otras (Departamento de Energía de Estados Unidos, 2022). Hay que agregar que los diferentes Estados de Estados Unidos dan sus propios incentivos a la industria de VE con el fin de competir entre ellos para atraer inversión hacia su industria local,²⁵ los que también son, desde ya, retos a la competitividad de la industria de VE en México con destino al mercado de Estados Unidos.

De todas formas, si bien en México no existen estímulos equivalentes a los que Estados Unidos proporciona para la producción y compra de coches eléctricos, la industria automotriz mexicana tiene un potencial importante para expandir su producción de VE e integrar más su cadena de valor en territorio nacional que en el caso de los VCI. Los VE tienen un alto componente de partes electrónicas con un *software* integrado para su funcionamiento que México podría desarrollar más localmente de lo que lo ha hecho hasta ahora, dado que existe una industria electrónica importante (con cerca de mil unidades económicas), como argumentan Micheli y Carrillo (2021), aunque la escasez de semiconductores en los últimos dos años es una camisa de fuerza para toda la industria electrónica, incluyendo los insumos para el sector automovilístico. Un verdadero refuerzo para la cadena de valor de la industria automotriz, y otras, sería la inversión en industrias de *chips* en territorio nacional.

Potencialmente, una adición muy valiosa a la cadena de valor de los VE sería la producción de las baterías a base de litio, que representan una proporción importante del valor de cada unidad. Si México estuviera en condiciones de producir el litio necesario para fabricar las baterías de estos VE, procesara este insumo químicamente para ser utilizado por los fabricantes de baterías, y atrajera las inversiones para montar grandes

25 En 2021, los subsidios otorgados por los gobiernos estatales de Estados Unidos para la fabricación de VE y baterías fue de alrededor de dos mil millones de dólares, más de lo que se había provisto en los seis años anteriores juntos. (*The Financial Times*, 04/02/2022), <https://www.ft.com/content/8179bd8a-4d96-43a9-a8f9-074f9a275bd8>.

fábricas de dichas baterías, ello sería un gran aporte a la CGV.²⁶ Actualmente China produce dos terceras partes de las baterías que se utilizan en la industria de VE en el mundo, pero no es imposible que se puedan producir en México en forma competitiva. Además, el hecho de que México esté ya inserto en la CGV automotriz haría atractiva la producción de baterías de litio, no sólo porque dispone, en principio, de este último insumo, sino porque está inserto en las cadenas globales de valor (CGV) de la industria automotriz, lo que significa que podría incorporar esta pieza clave en la fabricación local, a diferencia de países ricos en litio como Argentina, Bolivia y Chile cuya lejanía de la industria automotriz global desfavorece la rentabilidad de potenciales industrias de baterías en sus territorios.

A lo anterior hay que agregar que, a diferencia de lo que ha ocurrido con los VCI, México tendría una mayor posibilidad de producir sus propias marcas nacionales, dada la comparativa sencillez mecánica de los VE lo que significa que el diseño de sus motores se puede realizar más fácilmente. La conveniencia de fabricar una mayor porción de la CGV automotriz en México es también evidente desde un punto de vista adicional pues, en la medida en que las empresas en México se reorienten hacia la producción de VE, la menor demanda de partes automotrices por motivos técnicos hará redundantes ciertos empleos ligados a la producción y ensamble de piezas de VCI. Así, justamente la producción local de baterías y otros insumos para los VE podría compensar los empleos que están en peligro de perderse en el sector automotriz a raíz de la transición hacia los VE.

La posibilidad de producir VE más integrados nacionalmente en México también se refuerza por los cambios en la forma de propiedad de los automóviles y su uso. Hay nuevos modelos de negocio, especialmente de movilidad compartida, por los cuales el sector automovilístico tiende a convertirse crecientemente en un servicio, es decir, el coche en uso es

26 Policy Advice (2021), Electric car statistics in the U.S. and abroad, <https://policyadvice.net/insurance/insights/electric-car-statistics/>.

operado por una compañía como Uber para cortas distancias, o bien una persona alquila un vehículo para manejarlo directamente pero sin tener que ser propietario del automóvil. Esta tendencia reorienta también la producción hacia automóviles más estándar con el fin de que formen parte de una flota de coches, lo que conduce a la producción de unidades más sencillas y uniformes en contraste con la tendencia dominante en las últimas décadas, en que las empresas automotrices han respondido a las preferencias personalizadas del automovilista. En otras palabras, los consumidores en este contexto –de flotillas para proveer servicio de transporte– se preocupan más de tener un buen servicio que de la calidad misma del vehículo (S. Shaheen, E. Martin y A. Bansal, 2018). La respuesta de la industria de VE puede ser particularmente idónea para esta necesidad, ya que estos coches requieren menor mantenimiento que los VCI y son más duraderos. Nótese, sin embargo, que estos autos necesitan un desarrollo mayor en el *software* y la creación de plataformas para poder operar con las *apps* de terceros participantes, para lo cual el país también tendría que prepararse (Teece, 2018).

En síntesis, los cambios tecnológicos experimentados por la industria automotriz y la forma en que se tienden a utilizar bajan las barreras de entrada a nuevas empresas en la industria, lo cual está siendo aprovechado por la industria automotriz, especialmente la china, pero países como México podrían hacer una mayor incursión propia en este terreno.

En México, en forma incipiente, comienza a haber inversiones en la industria de VE. Destaca la empresa Ford (en Cuautitlán), que es pionera en la producción de VE en gran escala en el país, con el modelo Mustang Mach-E (desde 2020), que ya se ha exportado a veinte países.²⁷ Para ello, Ford tuvo que renovar aproximadamente 80% de toda su infraestructura de la planta en Cuautitlán. Existen iniciativas de empresas mexicanas

27 Ford Media Center (2021), Ford Cuautitlán: Un Año de la Electrificación a La Mexicana, <https://media.ford.com/content/fordmedia/fna/mx/es/news/2021/11/04/ford-cuautitlan.html>.

para producir VE, como Questum y Zacua.²⁸ El primero es una empresa que normalmente ha fabricado componentes automotrices para armadoras como General Motors y Stellantis, y ahora, en conjunto con un fabricante alemán independiente (e.Go), está incursionando en una nueva línea de VE. Questum montará una pequeña fábrica con capacidad para producir 30,000 unidades al año, que necesitará el desarrollo de cerca de 350 proveedores locales.

Zacua, por su parte, ha estado diseñando vehículos eléctricos de reparto desde 2017, y en 2021 ha iniciado su producción a baja escala.

Es necesario tener en cuenta que el país cuenta, además, con algunas importantes redes de transporte público que desde hace muchos años funcionan a base de electricidad, como los trolebuses, el tren ligero, el metro (este último en tres ciudades muy importantes CDMX, Guadalajara y Monterrey) y más recientemente el cablebús (en CDMX). También las vías rápidas de autobuses o metabús²⁹ han estado comenzando a electrificarse en la CDMX, en baja escala aún³⁰ pero de acuerdo a la Estrategia de Electromovilidad de la Ciudad de México 2018-2030, se contempla que 30% de la flota del Metrobús sea eléctrica para el año 2030, equivalente a un total de 300 autobuses (C40 Cities Finance Facility, 2018).

Los medios de transporte público impulsados por energía eléctrica en la mayor urbe del país –mediante metro, trolebuses y tren ligero– transportaron a 69.5% de los pasajeros que usan esas vías de movilidad (o casi 70 millones de personas), mientras que el 30.5% de los pasajeros (algo más de 30 millones de personas) utilizaron el transporte colectivo con motores de combustión interna (datos de junio de 2021³¹).

28 Expansión (2021), Zacua reaparece con un nuevo proyecto de vehículos eléctricos de reparto <https://expansion.mx/empresas/2021/07/21/zacua-reaparece-vehiculos-electricos-reparto>.

29 Existe metabús en la CDMX, en el Estado de México, en León y en Querétaro.

30 Proyecto metabús eléctrico, <https://metrobuselectrico.info>

31 INEGI, Estadística de Transporte Urbano de Pasajeros; Cifras durante junio de 2021, https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/notasinformativas/2021/ETUP/ETUP2021_08.pdf

Las necesidades de transporte público limpio requiere una expansión aún mayor en medios de transporte eléctricos, lo que es una oportunidad para invertir en empresas que puedan producir autobuses eléctricos. Este mercado se estima que en México se expandirá a una tasa de crecimiento anual compuesto de 31,62 % en los próximos cinco años (2022-2027). En el país ya se cuenta con al menos una empresa mexicana que fabrica autobuses eléctricos. Este es el caso de DINA, que produce en el estado de Hidalgo el modelo “Ridder E” tipo trolebús híbrido y que fue diseñado conjuntamente por la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), con apoyo del Conacyt. Estos autobuses se han incorporado al sistema de transporte urbano en Ciudad de México y en Guadalajara (Carrillo, Santos Gómez y Briones, 2020).

Empresas extranjeras también comienzan a producir autobuses eléctricos en México, como Volvo-México, que fabricará buses eléctricos en su planta de Tultitlán en 2022, que tendrá la capacidad de fabricar 12 unidades diarias destinadas tanto para el mercado local como para la exportación. El interés por sustituir autobuses de combustión interna por eléctricos no es solamente ambiental, sino responde también a que estos últimos tienen alrededor de 80% menores costos de mantenimiento que los primeros de combustible (generalmente diesel) (Mordor Intelligence, 2022).

Ante el panorama descrito, podemos inferir que, en forma directa e indirecta, el sector automovilístico que opera en México se encuentra en una encrucijada frente a la revolución tecnológica que está experimentando esta industria a nivel internacional, en el marco de los compromisos globales de llegar a mitad del siglo con cero emisiones netas de GEI. Al estar inserto en la CGV y siendo buena parte de su producción destinada a la exportación, la competitividad de México en el mercado automovilístico dependerá de su capacidad de llevar a cabo una gran reconversión hacia la producción de vehículos eléctricos. Una respuesta adecuada ante estos retos requiere del diseño de una estrategia nacional de transformación del sector que aproveche las valiosas oportunidades de integrar más la cadena de valor a nivel nacional, que vaya acompaña-

da de la modernización de su marco regulatorio sobre emisiones, y los apoyos a la empresa nacional y extranjera instaladas en el país para producir VE. Estas acciones parecen indispensables para fortalecer el sector automovilístico mexicano, desarrollar sus propios modelos de VE y, a la vez, evitar que muchas empresas, especialmente las de Estados Unidos, decidan dejar el país para aprovechar condiciones y estímulos otorgados en el vecino país del norte a dichas empresas.

Bibliografía

- C40 Cities Finance Facility (CFF) (2018), *Estrategia de electromovilidad de la Ciudad de México 2018–2030*, <https://cff-prod.s3.amazonaws.com/storage/files/ml2mWzTOCnwfzjm5PP4NuPrEtE2HITM1SQgYmjDu.pdf>.
- Carrillo, Jorge, José Saúl de los Santos Gómez y Julio Briones (2020). Hacia una electromovilidad pública en México, *Documentos de Proyectos* (LC/TS.2020/115), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Departamento de Energía de Estados Unidos (2022), *Electricity Laws and Incentives in Federal*, <https://afdc.energy.gov/fuels/laws/ELEC?state=US>.
- Gobierno de Gran Bretaña, *COP26 declaration on accelerating the transition to 100% zero emission cars and vans*, <https://www.gov.uk/government/publications/cop26-declaration-zero-emission-cars-and-vans/cop26-declaration-on-accelerating-the-transition-to-100-zero-emission-cars-and-vans>.
- Gobierno de México (2020), *Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC), Actualización 2020*, <https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Mexico%20First/NDC-Esp-30Dic.pdf>.
- IEA (2021), *Global EV Outlook 2021*, <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021>.
- Iniciativa Climática (2021), *Rumbo a la COP 26*, Boletín N° 9, octubre, https://www.iniciativaclimatica.org/wp-content/uploads/2021/10/COP26-T9_Transporte_final.pdf.
- IPCC (2022), *Climate Change 2022; Impacts, Adaptation and Vulnerability*, febrero, <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-ii/>.
- IPCC (2021), *COP26 keeps 1.5C alive and finalises Paris Agreement*, <https://ukcop26.org/cop26-keeps-1-5c-alive-and-finalises-paris-agreement/>.
- IPCC (2018), *Summary for Policymakers of IPCC Special Report on Global Warming of 1.5°C approved by governments*, <https://www.ipcc.ch/2018/10/08/summary-for-policymakers-of-ipcc-special-report-on-global-warming-of-1-5c-approved-by-governments/>.

- mary-for-policymakers-of-ipcc-special-report-on-global-warming-of-1-5c-approved-by-governments/.
- Li, Shanjun, Xianglei Zhu, Yiding Ma, Fan Zhang y Hui Zhou (2020), “The Role of Government in the Market for Electric Vehicles, Evidence from China”, *Policy Research Working Paper* 9359, Banco Mundial.
- Mc Kinsey & Company (2016), *Automotive revolution – perspective towards 2030*, enero, <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/disruptive-trends-that-will-transform-the-auto-industry/de-DE>
- Micheli, Jordy y Jorge Carrillo (2021), La política industrial ante el nuevo paradigma tecnológico de la industria automotriz, *Revista de Comercio Exterior*, Bancomext.
- Mordor Intelligence (2022), *Mercado de Autobuses Eléctricos de México: Crecimiento, Tendencias, Impacto de Covid-19 y Pronósticos (2022-2027)*, <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/mexico-automotive-electric-bus-market> .
- Schatan, Claudia (2022), *Electromovilidad, una apuesta de rumbo incierto*, Letras Libres, 2 de marzo.
- Shaheen, Susan, Elliot Martin, y Apaar Bansal (2018), *Peer-To-Peer (P2P) carsharing: Understanding early markets, social dynamics, and behavioral impacts*, Berkeley, CA: Institute of Transportation Studies. <https://cloudfront.escholarship.org/dist/prd/content/qt7s8207tb/qt7s8207tb.pdf> .
- Teece, David J. (2018), Dialogue, Debate, and Discussion; Tesla and the Reshaping of the Auto Industry, *Management and Organization Review*, septiembre. <https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/5E551257839D03D5E430F61CB93AFA62/S1740877618000335a.pdf/tesla-and-the-reshaping-of-the-auto-industry.pdf> .
- The Oxford Institute for Energy Studies (2021), *The Global Battery Arms Race: Lithium-Ion Battery Gigafactories and their Supply Chain*, <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2021/02/THE-GLOBAL-BATTERY-ARMS-RACE-LITHIUM-ION-BATTERY-GIGAFACTORIES-AND-THEIR-SUPPLY-CHAIN.pdf> .