

Evolución Reciente y Situación Actual de la Producción y Difusión de Vehículos Eléctricos a Nivel Global y en Latinoamérica

Federico Dulcich*

National Technological University, Argentina

Dino Otero

National Technological University, Argentina

Adrián Canzian

National Technological University, Argentina

Dulcich, F., D. Otero and A. Canzian (2019), “Recent Evolution and Current Situation of the Production and Diffusion of Electric Vehicles Globally and in Latin America”

ABSTRACT

Encouraged by regulations that seek to mitigate the emission of greenhouse gases, the automotive industry has started an incipient transition to electromobility; so far, this transition has been limited to some of the Western developed countries, as well as Japan, South Korea and China. This transition generates important changes in the technological capabilities and natural resources needed for the development and production of vehicles, and opens a scenario of potential repositioning for firms and countries. In this context, the production of electric vehicles and their regulations are lagging behind in Mexico, Brazil and Argentina – the leading automotive producers in Latin America. However, they have some advantages that could be exploited to reposition themselves in automotive value chains.

Key Words: electric vehicles, hybrid vehicles, automotive industry, technological change, Latin America

* Federico Dulcich is PhD in Economics (UBA), researcher at National Technological University, General Pacheco Regional Faculty, Argentina. Dino Otero is PhD in Physics (UNLP), director of the Center for Vehicular Research, Development and Innovation, National Technological University, General Pacheco Regional Faculty, Argentina. Adrián Canzian is PhD in Physics (UBA), researcher at National Technological University, General Pacheco Regional Faculty, Argentina. Direct correspondence to Federico Dulcich (federicomd2001@gmail.com).

INTRODUCCIÓN

La cadena automotriz manifiesta dos grandes transformaciones a escala global en la actualidad: el creciente rol de China como productor de vehículos; y la difusión internacional de las regulaciones que incentivan el desarrollo y adopción de “tecnologías verdes”, y que en el sector se plasmaron en el desarrollo de los vehículos eléctricos (EVs, por sus siglas en inglés).

En este contexto, el objetivo del presente trabajo es estudiar estas trayectorias (ampliamente correlacionadas, ya que es China uno de los principales productores de EVs a nivel internacional), haciendo breves consideraciones sobre las particularidades de la transición a EVs en América Latina, una de las regiones más rezagadas en dicho proceso. Para ello, haremos eje en los principales productores automotrices de la región: México, Brasil y la Argentina.

El trabajo se estructura de la siguiente forma. En la próxima sección se presenta el marco teórico de la investigación, mientras que posteriormente se analiza el desarrollo, producción y difusión de EVs a nivel global. Luego se abordan las características de la transición a EVs en México, Brasil y la Argentina, y el trabajo se cierra presentando las conclusiones.

MARCO TEÓRICO

El aumento en la emisión de gases con efecto invernadero (GEI) derivado del crecimiento industrial y del uso de combustibles fósiles repercutió en un aumento de la temperatura promedio del planeta, disminuyendo la cantidad de hielo y generando un aumento en el nivel de los mares (IPCC 2014). Para atacar esta particular falla de mercado (Stern 2008)¹ y mitigar las causas del cambio climático, diversos países (principalmente países desarrollados – PD) han encarado la sustitución de distintas tecnologías. Hasta el día de hoy los EVs se han posicionado como la tecnología alternativa dominante para sustituir a los vehículos de motor

1 Según Stern (2008), la emisión de GEI es una externalidad negativa que es la mayor falla de mercado existente en términos históricos y geográficos, por lo que posee diversas particularidades: es una externalidad de causas y efectos de carácter global, con significativos rezagos entre las causas y los efectos (que son potencialmente catastróficos), cuyas potenciales soluciones requieren complejas negociaciones e instituciones internacionales, así como involucran aspectos éticos vinculados a *trade off* intergeneracionales.

de combustión interna (VMCI)²; abriendo una potencial transición entre dichas tecnologías (Kemp et al. 1998).

Ante esta potencial transición tecnológica, a nivel meso-económico se abren distintas estrategias para los países en desarrollo (PED) para acelerar la convergencia a la frontera tecnológica sectorial (*catch up*) o incluso dar el salto al liderazgo (*leapfrogging*). Wang y Kimble (2011) remarcan que el *leapfrogging* no es meramente una aceleración en el recorrido de las distintas etapas de una trayectoria tecnológica (como el *catch up*); sino que hace eje en saltarse etapas en el tránsito hacia la frontera (el denominado *stage skipping leapfrog*), explorar nuevas etapas no transitadas por los actuales líderes (*path creating leapfrog*), e incluso desarrollar un nuevo paradigma tecno-económico que altere las tecnologías, instituciones y estructura de mercados del sector, posicionando al PED como el pionero y nuevo líder dentro del nuevo paradigma (*paradigm changing leapfrog*).

Para efectivizar esta potencial transición tecnológica son determinantes las relaciones que se entablan entre los nichos (donde surgen y se desarrollan las nuevas tecnologías) y el régimen tecno-económico vigente. Dicha interacción puede ser coexistencia neutral, de integración, o llegar a la desaparición de una de las entidades; donde el desplazamiento del régimen por parte del nicho abre un sendero de transición del paradigma tecno-económico (Dijk 2014). Un rol clave por parte del Estado es la “gestión estratégica de los nichos” (*Strategic Niche Management*) (Kemp et al. 1998), de manera de encauzar la transición hacia un equilibrio deseable (contemplando objetivos ambientales, por ejemplo). Desde una óptica evolucionista, ante la incertidumbre propia del desarrollo tecnológico, el Estado debe favorecer la variedad tecnológica (Schot y Geels 2007): la emergencia de diversos nichos tecnológicos en “espacios protegidos” (Kemp et al. 1998). Luego, debe rectificar los atributos regulatorios e institucionales que pudieran obturar el necesario proceso de selectividad, ya que pueden generar un *lock-in* en el régimen vigente (Kemp et al. 1998; Dijk 2014).

Estos tópicos manifiestan la incidencia de los marcos institucionales para favorecer la transición tecnológica y lograr un exitoso salto al liderazgo, donde son especialmente pertinentes las instituciones de ciencia y tecnología, así como las políticas productivas, de manera de hacer foco en las innovaciones en un marco sistémico (como remarcan los autores del Sistema Nacional de Innovación, como Lundvall 1992). Entre otras, podemos

2 El efecto neto de la difusión de EVs en la reducción de emisiones de GEI depende de que su cadena productiva emita menos GEI que la de los vehículos convencionales, y de las emisiones generadas en la producción de energía en los países en cuestión (IEA 2018).

destacar a las políticas de innovación (como la política de investigación y desarrollo – I+D), las de adopción y difusión de tecnología (la política educativa, la relativa a derechos de propiedad intelectual –DPI–, etc.), las políticas orientadas a la estructura de distintos mercados o cadenas productivas, y las regulaciones sectoriales (aranceles, subsidios, etc.). Sin embargo, al aplicarse estos instrumentos deben evitarse los comportamientos de búsqueda de rentas (*rent seeking*) por parte de las empresas, mediante la competencia interna u otros mecanismos de selectividad de parte del Estado (Cimoli et al. 2009).

Una consideración especial amerita la potencial existencia de las “fallas de coordinación”: la incapacidad de coordinar inversiones complementarias meramente mediante las señales de mercado. Esta falla de coordinación estaría ralentizando las inversiones privadas en producción de EVs e infraestructura de recarga. La intervención estatal coordinando dichas inversiones permitiría sortear dichas fallas y aprovechar los rendimientos crecientes a escala (Altenburg et al. 2012).

DESARROLLO, PRODUCCIÓN Y DIFUSIÓN DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS A NIVEL GLOBAL

Traectoria y Situación Actual de la Producción de Vehículos Eléctricos

Para comenzar, es importante remarcar que existen diversos tipos de EVs. Una primera diferencia es entre los que utilizan baterías y los vehículos de hidrógeno a pila de combustible (*fuel cell electric vehicle* – FCEV), que generan electricidad mediante la reacción entre oxígeno e hidrógeno. Luego, dentro de los que usan baterías, existe una diferencia principal entre los que son 100% eléctricos (denominados *battery electric vehicle* – BEV) y los híbridos, donde estos últimos 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), donde la batería se recarga principalmente con la energía cinética del vehículo durante el frenado (*regenerative brake*), haciendo funcionar al motor inversamente, como un generador³; y los que también pueden ser cargados desde fuentes

3 Debido a que su fuente de energía es la combustión de gasolina, y que el freno regenerativo meramente la recupera para cargar la batería y alimentar el motor eléctrico, en distintos estudios no se considera a los HEV dentro de la categoría de EVs. Por ejemplo, la

externas al ser enchufados, denominados *plug-in hybrid electric vehicle* (PHEV) (Ding et al. 2017).

Fruto de un exponencial crecimiento a partir del año 2010, para el año 2017 los EVs superaron el millón de unidades vendidas a nivel internacional, para llegar a un parque automotor global superior a tres millones de unidades (gráfico 1).

Luego de la introducción de los PHEV en el mercado hacia fines de la década pasada, la tendencia de los últimos años muestra que van ganando market share nuevamente los BEV (gráfico 1). Incentivados por regulaciones de cero emisiones en California y otros estados, los BEV tuvieron un breve auge a mediados de los noventa. Años después, al flexibilizarse las mencionadas regulaciones y ante las ventajas de los HEV, que no dependen de la infraestructura de recarga y son menos sensibles a la capacidad (y precio) de las baterías, los HEV se consolidaron como dominantes en EEUU hacia fines del noventa (Dulcich et al. 2018). Posteriormente, los PHEV sintetizaron la hibridación con la capacidad de recargar la batería externamente, por lo cual la motorización eléctrica ganó mayor relevancia.

Paralelamente, el peso de los grandes mercados de EVs fue variando a lo largo de los últimos quince años (gráfico 1). A partir del año 2009, EEUU comenzó a ganar participación en el mercado global de EVs. Esto estuvo motorizado por la implementación de diversas políticas para incentivar a la cadena automotriz estadounidense, fuertemente afectada por la crisis internacional (Haugh et al. 2010), y a la par encarar objetivos ambientales. La American Recovery and Reinvestment Act de 2009, por ejemplo, puso a disposición U\$S 80.000 millones en subsidios y exenciones impositivas para la investigación, desarrollo y difusión de tecnologías limpias. Entre otras, se financió la instalación de cargadores eléctricos, se aumentó la exención impositiva a los PHEV (lo que motorizó su difusión, como muestra el gráfico 1 con la caída de la participación de los BEV), se financiaron diversos proyectos de I+D, y se subsidió la producción en EEUU de baterías y otros componentes para EVs⁴; instrumentos que buscan impulsar las innovaciones sectoriales de manera sistémica (Lundvall 1992).

International Energy Agency (IEA), principal fuente de información sobre EVs a nivel global, no los releva dentro de sus estadísticas. En nuestro caso, haremos comentarios puntuales sobre HEV allí donde fuentes alternativas de información estadística lo permitan.

4 Para más detalles, véase la American Recovery and Reinvestment Act en <https://www.iea.org/policiesandmeasures/energyefficiency/?country=United%20States> (último acceso 12/07/2019).

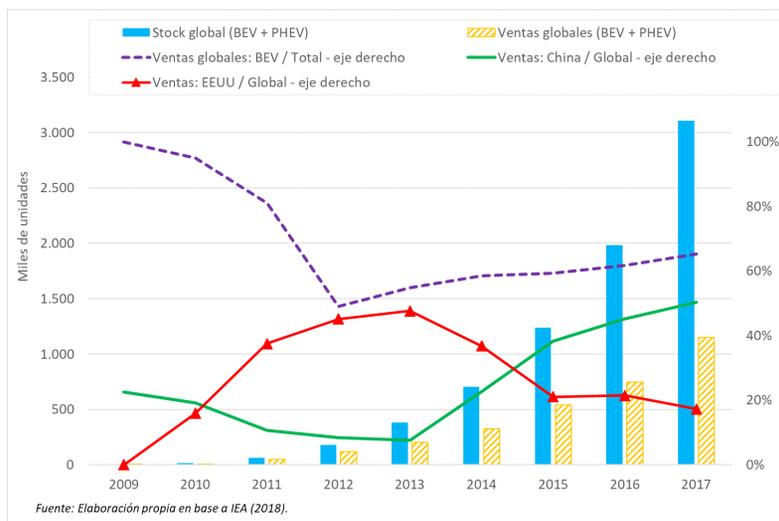


Gráfico 1. Evolución de las ventas y stock globales de EVs

En el año 2015, China retoma el liderazgo como el mayor mercado de EVs, que había perdido en manos de EEUU en 2011 (gráfico 1). Los incentivos estatales para el desarrollo y producción de EVs en China se remontan al Octavo Plan Quinquenal (1991-1995), donde se incorpora por primera vez la promoción de la I+D en EVs (Zheng et al. 2012), buscando reducir las emisiones de GEI y la contaminación urbana. En enero de 2009, China lanza el “Plan de conformación y revitalización de la industria automotriz” en el contexto de la crisis global. El objetivo del plan era aumentar el *market share* de EVs al 5% para 2012, con instrumentos como el financiamiento de I+D e infraestructura de recarga, compras públicas, subsidios y exenciones impositivas a las compras privadas, entre otras (Zheng et al. 2012; Wang et al. 2017). A pesar de dar pocos resultados hasta 2012, cuando se extendió e intensificó el “proyecto de demostración” basado en compras públicas que incluía el plan, a partir de allí las ventas de EVs empiezan a reaccionar con fuerza, motorizadas por factores como la mayor extensión de la infraestructura de recarga, las preferencias en el otorgamiento de licencias de patentamiento (que se utiliza en las ciudades chinas para regular el parque automotor, de manera de reducir la congestión del tráfico y la contaminación del aire), y las preferencias de circulación para EVs en zonas restringidas, entre otras (Wang et al. 2017).

De esta forma, al contrario de lo que sucede con los VMCI, donde predominan empresas occidentales, japonesas y surcoreanas en la

producción global (Sturgeon et al. 2009a), en los EVs son las empresas chinas las que prevalecen en términos productivos en la actualidad. Como se puede apreciar en la tabla 1, luego de Tesla, hay dos empresas chinas que comandan las ventas de EVs a nivel global: BYD y BAIC. Complementariamente, hay dos empresas más de origen chino que pertenecieron al Top 10 de ventas de EVs a nivel global (Roewe y Chery), y otras cinco que se incluyen en el Top 20 (Hawtai, JAC, Geely, JMC, y Dongfeng), haciendo caso omiso de que la propiedad de Volvo actualmente pertenece a Geely. Estas empresas, especialmente BYD y BAIC, se encuentran entre las empresas de más rápido crecimiento de su volumen de ventas en los últimos cinco años.

Tabla 1. Principales productoras de EVs (en miles de unidades vendidas)

Empresa	2018	2014	Variación lineal	Ventas 2018 / Ventas 2014
Tesla	245	32	214	7.8
BYD	227	18	209	12.4
BAIC	165	5	160	31.7
BMW	129	18	112	7.3
Nissan	97	63	34	1.5
Roewe	93	s.d.	s.d.	s.d.
Chery	66	9	57	7.7
Hyundai	53	s.d.	s.d.	s.d.
Renault	53	18	35	2.9
Volkswagen	52	10	42	5.3
Hawtai	52	s.d.	s.d.	s.d.
Chevrolet	51	23	28	2.3
JAC	50	s.d.	s.d.	s.d.
Geely	50	s.d.	s.d.	s.d.
JMC	49	s.d.	s.d.	s.d.
Toyota	46	21	25	2.2
Mitsubishi	43	37	6	1.2
Dongfeng	40	s.d.	s.d.	s.d.
Kia	38	1	36	29.0
Volvo	36	5	31	6.9

Fuente: Elaboración propia en base a Knoema Corporation y cleantechica.com

Nota: Incluye vehículos livianos (automoviles y camionetas) de los modelos PHEV y BEV.

S.d. = sin datos.

Por fuera de los mencionados casos de EEUU y China, el fuerte crecimiento de las ventas globales de EVs está principalmente explicado por los países europeos (especialmente los nórdicos), Japón y Corea del Sur. Dada la existencia de importantes (pero decrecientes) brechas de precios entre los EVs y los VMCI, los mismos poseen una mayor penetración de mercado en los países de altos ingresos, con la excepción de China. El gráfico 2 muestra que si se realiza una aproximación exponencial entre PBI per cápita y *market share* de EVs, actualmente un *market share* mayor al 1% se asocia en promedio a un ingreso per cápita superior a los US\$ PPP 40.000, lo que representa un umbral muy elevado a nivel internacional. En dicho gráfico podemos encontrar países que tienen un *market share* excepcionalmente alto dado su nivel de ingreso (China, Suecia, Noruega), y otros que tienen valores excepcionalmente bajos (Australia, y en menor medida EEUU). Como veremos más adelante, el desarrollo y difusión de los EVs todavía está muy incidiendo por los incentivos de política económica, que se llevan adelante principalmente en los mencionados países de ingresos altos, esencialmente para mitigar las emisiones de GEI. La gran excepción al respecto es China; quien, además de abordar problemas de contaminación urbana, apuesta a realizar un *leapfrogging* sectorial, saltando incluso la etapa de predominio tecnológico de los VMCI (Wang y Kimble 2011). En este sentido, la apuesta de China es aprovechar (e impulsar) la transición

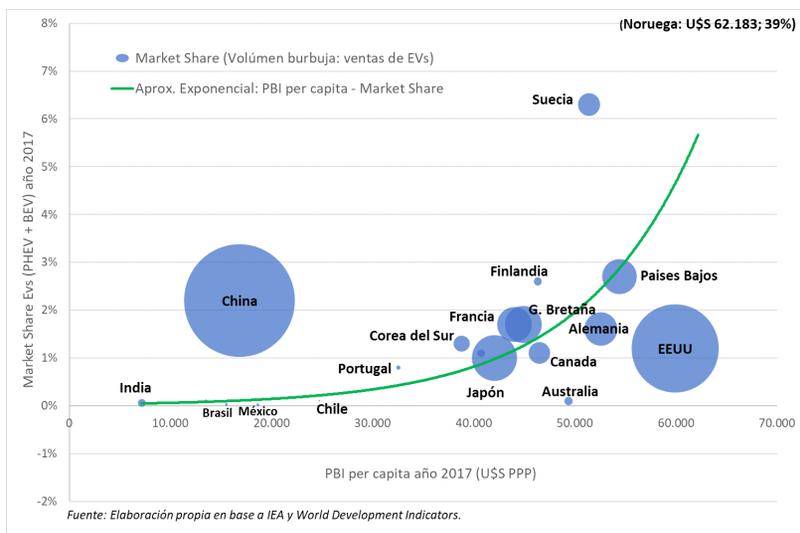


Gráfico 2. Participación de EVs en las ventas de vehículos según niveles de ingreso per cápita para el año 2017

tecnológica para dar el salto al liderazgo, en el denominado *paradigm changing leapfrog* (ver Marco Teórico).

Situación Actual del Comercio Internacional de Vehículos Eléctricos

Al analizar el actual patrón de comercio internacional de los distintos EVs y de los VMCI en la tabla 2, podemos apreciar que el efecto de las exportaciones de Tesla se aprecia en los superávits comerciales de BEV de EEUU y de los Países Bajos (posee una planta de ensamblado en la ciudad de Tilburg). Por su parte, la fuerte competitividad exportadora del Toyota Prius (el vehículo híbrido más vendido en EEUU en los últimos años, véase Dulcich et al. 2018) se aprecia en los superávits comerciales de Japón en híbridos; especialmente en HEV, donde posee una clara primacía en el comercio internacional. Alemania, por su parte, es el principal exportador neto de PHEV, donde se destaca BMW (uno de los principales vendedores de EVs a nivel global, ver tabla 1) a través de sus modelos BMW Serie 3 Plug-in y BMW Serie 5 Plug-in; que figuraron entre los modelos de PHEV más vendidos en el mercado de EEUU en el año 2017⁵.

Tabla 2. Comercio exterior de vehículos convencionales y eléctricos por país (Mill. U\$S). Año 2017

País	BEV			HEV			PHEV			Total Eléctricos			MCI		
	Exop	Impo	Saldo	Expo	Impo	Saldo	Expo	Impo	Saldo	Expo	Impo	Saldo	Expo	Impo	Saldo
Japón	598	89	509	10.711	126	10.585	1.724	172	1.552	13.033	387	12.646	80.300	10.693	69.607
Alemania	1.551	580	970	167	743	-576	3.748	507	3.242	5.465	1.829	3.636	151.902	56.595	95.307
Corea del Sur	421	64	357	2.698	712	1.986	483	4	478	3.601	780	2.821	35.229	8.865	26.364
Turquía	1	15	-14	1.984	26	1.958	3	1	3	1.988	42	1.946	9.826	8.564	1.263
Francia	531	283	248	1.214	358	856	715	230	485	2.459	870	1.589	19.641	33.612	-13.971
Países Bajos	1.240	203	1.037	44	371	-327	70	99	-30	1.354	674	680	4.982	9.097	-4.115
Suecia	19	168	-149	448	677	-229	608	338	269	1.075	1.184	-109	7.907	7.809	99
Bélgica	172	296	-124	2.758	2.967	-208	103	137	-34	3.033	3.399	-366	30.029	32.967	-2.939
Canada	1	474	-473	380	434	-54	328	222	106	709	1.130	-421	45.356	27.171	18.185
Gran Bretaña	105	444	-338	1.413	1.210	203	186	522	-336	1.705	2.175	-471	40.042	41.952	-1.910
Israel	0	5	-5	0	448	-448	0	162	-162	0	615	-615	7	3.061	-3.055
España	114	113	1	55	1.111	-1.056	18	60	-42	187	1.284	-1.097	35.492	18.845	16.647

5 Fuente: US Department of Energy. Para más detalles, véase <https://www.energy.gov/eere/vehicles/data-and-results> (último acceso 20/07/2019).

Italia	15	81	-66	12	1.175	-1.163	3	27	-24	30	1.283	-1.253	17.954	29.728	-11.774
China	110	1.469	-1.359	13	1.169	-1.155	114	440	-326	237	3.077	-2.841	6.296	46.848	-40.552
Noruega	2	1.579	-1.577	1	446	-446	5	1.226	-1.222	7	3.252	-3.245	50	3.010	-2.960
Estados Unidos	3.193	368	2.825	464	5.881	-5.417	1.139	2.248	-1.109	4.795	8.497	-3.702	47.411	169.874	-122.464

Fuente: Elaboración propia en base a COMTRADE.

Por último, cabe destacar que EEUU y China, a pesar de ser grandes productos de EVs, son deficitarios en su comercio exterior, lo que también les sucede en VMCI. China posee una industria muy volcada a su mercado interno (Dulcich et al. 2018), aún poco competitiva, por lo que no presenta grandes volúmenes de exportaciones. A diferencia de las grandes firmas occidentales o japonesas del sector, sus automotrices todavía no se han globalizado (Sturgeon et al. 2009a). EEUU, por su parte, posee plantas productivas de las principales automotrices en su territorio, pero la provisión de su gran mercado (que tiene la tasa de motorización más alta del mundo⁶) se complementa con importaciones originarias tanto de sus socios del NAFTA como de países extrarregionales (Sturgeon et al. 2009b).

Perspectivas Productivas y de Mercado de Vehículos Eléctricos

Basadas en el exponencial crecimiento de la producción de los últimos años y en la futura difusión hacia los PED, diversas fuentes proyectan un fuerte crecimiento de las ventas de EVs. Partiendo de un *market share* actual levemente superior al 1% (IEA 2017), la *International Energy Agency* estima un *market share* de EVs del 13% en el mercado de vehículos livianos para 2030. Por su parte, desde el año 2017 diez países (que representan el 60% del stock global de EVs) se han embarcado en la campaña EV30@30, con el objetivo de lograr un *market share* de EVs del 30% en el mercado global de vehículos para 2030 (IEA 2018).

A nivel microeconómico, las empresas ya anunciaron sus propios objetivos de electrificación de sus modelos. Para el año 2020, Tesla y Geely planean vender un millón de unidades de EVs enchufables (PHEV y BEV) cada una, seguidas por BAIC (que proyecta vender 800.000 EVs enchufables), BYD (600.000) y Volkswagen (400.000). Para el año 2025, BMW, Mercedes-Benz y Volkswagen proyectan una participación de EVs

6 La tasa de motorización capta la cantidad de vehículos en uso cada 1.000 habitantes. Para EEUU adopta un valor de 821, mientras que el promedio mundial es de 182 (Dulcich et al. 2018).

enchufables en sus ventas que oscila entre el 15% y el 25%, según empresa (IEA 2018).

Estas proyecciones estarían pronosticando que en el mediano plazo la industria podrá sortear diversos obstáculos que actualmente enfrenta la producción y difusión de este tipo de vehículos. Por un lado, las baterías aún tienen costos muy elevados (Fujimoto 2017), y al representar un porcentaje elevado del costo de estos vehículos, que oscila entre el 25% y el 50% para el caso de los BEV (Huth et al. 2013; Nykvist y Nilsson 2015)⁷, determinan que los mismos presenten precios elevados respecto a VMCI similares (Gómez-Gélvez et al. 2016)⁸. Como podemos apreciar en la tabla A.1 del Anexo, la brecha de precios entre EVs y su VMCI equivalente aumenta con fuerza para el caso de los PHEV y los BEV, al aumentar el tamaño de las baterías y su incidencia en el costo. Sin embargo, esta brecha de precios ha sido decreciente, al aumentar las economías de escala y los desarrollos tecnológicos orientados a la reducción de costos de la industria, como podremos apreciar en próximas secciones. En la tabla A.1 del Anexo podemos apreciar que actualmente hay una escasa diferencia de precios entre modelos similares de VMCI y HEV en el mercado de EEUU; mientras que en los casos estudiados por Gómez-Gélvez et al. (2016) tres años atrás en el mercado de EEUU esta brecha era del 23% en promedio.

Por otra parte, los BEV presentan una menor autonomía que los VMCI (Fujimoto 2017). Esto los hace sensibles a la infraestructura de recarga; como también sucede con los PHEV, pero en menor medida. Dicha infraestructura presenta dos desafíos (Fujimoto 2017): aumentar su extensión (de manera de viabilizar viajes de larga distancia) y reducir los tiempos de recarga.

En este contexto, tanto la posibilidad de ampliar el mercado de EVs (de manera de que el sector explote las economías de escala y desarrolle procesos de aprendizaje), desarrollar nuevas tecnologías asociadas a los EVs (buscando aumentar su autonomía, reducir su costo y su tiempo

7 Al ser las baterías un componente clave de la electrificación de los vehículos, las terminales que lideran la electrificación del tren de potencia en diversos casos han integrado verticalmente la cadena productiva de las baterías (en *joint ventures* con empresas con capacidades en ingeniería química y eléctrica, clave para el desarrollo de baterías), incluso llegando a los eslabones primarios, como la extracción de litio. De esta forma, logran acaparar una mayor proporción del valor agregado de su producción de EVs (Huth et al. 2013).

8 Sin embargo, son más económicos en su uso. Gómez-Gélvez et al. (2016) demuestran que el precio de la energía por kilómetro recorrido en un BEV es claramente menor al de un VMCI para todos los países de la región; a excepción de Venezuela, debido a su muy bajo precio de la gasolina.

de recarga, etc.), así como el desarrollo y extensión de la infraestructura de recarga, están siendo incentivados por las políticas de los países pioneros en la materia, lo que será analizado en la siguiente sección.

Marcos Regulatorios y Políticas Específicas Orientadas a la Producción y Difusión de Evs

A nivel general, las políticas implementadas se centran principalmente en cuatro tipos de iniciativas (Dulcich et al. 2018). Dentro de las políticas orientadas a la oferta, predominan las regulaciones de economía de combustible (que favorece el desarrollo de vehículos híbridos, que poseen un mayor rendimiento que los VMCI) y de emisiones de gases contaminantes (incluyendo restricción de circulación de VMCI en zonas de distintas ciudades, como se aprecia en IEA 2018); regulaciones que se complementan con los incentivos a la I+D (que acaparan gran parte de los incentivos monetarios a la oferta). Dentro de las políticas orientadas a la demanda, existen una gran cantidad de instrumentos destinados a favorecer el consumo privado, que se complementan con iniciativas para incentivar la demanda a través de bienes y servicios complementarios (con énfasis en privilegios de acceso a infraestructura vial). Por último, las compras públicas representan una iniciativa muy relevante en algunos países y ciudades, orientada principalmente al transporte público (IEA 2018); y constituyen “espacios protegidos” para la emergencia de estos nichos tecnológicos (ver Marco Teórico).

Los incentivos monetarios orientados a incentivar el consumo privado han sido diseñados para cubrir la importante brecha de precios que aún existe entre EVs y VMCI. El objetivo es que dicha brecha de precios no perjudique las necesarias economías de escala y procesos de aprendizaje que debe explotar el sector. Entre ellos, uno de los más interesantes es el esquema “bonus-malus” implementado en Francia, donde no sólo se incentiva a los vehículos de bajas emisiones de CO₂, sino que se realiza una recarga impositiva a la venta de vehículos de altas emisiones (de 120g CO₂/km recorrido o superior), que es creciente con el nivel de dichas emisiones (Dulcich et al. 2018). Luego, además de subsidios y créditos fiscales al consumo privado (entre ellos, a la adquisición de vehículos por parte de las empresas), poseen cierta generalidad las exenciones o rebajas en los impuestos al registro y propiedad automotor. En términos de I+D, la mayor cantidad de programas se concentran en EEUU, China, Alemania, Francia y Gran Bretaña; países que sobresalen en términos productivos y predominan en el desarrollo tecnológico vinculado a BEV

(tabla 3).

En el caso de China, recientemente se han suscitado cambios regulatorios de relevancia. En septiembre de 2017 el gobierno chino implementó una política que impone objetivos de producción de vehículos basados en nuevas energías (PHEV, BEV y FCEV). La misma se implementa mediante un sistema de créditos, que se obtienen mediante la producción y/o importación de estos vehículos. Para obtener créditos los vehículos deben alcanzar una autonomía mínima, y la cantidad de créditos asignados por vehículo depende del tipo de vehículo (se asignan mayores créditos a los BEV y a los FCEV que a los PHEV), y de su eficiencia energética. Las empresas deben obtener cierta cantidad mínima de créditos, y las que posean créditos excedentes pueden vendérselos a las deficitarias, lo que transforma el sobrecumplimiento en un beneficio económico y el déficit en un costo. Por otro lado, China ha modificado en febrero de 2018 su subsidio a la compra de EVs, de manera de reducir el subsidio para PHEV, y para BEV de autonomía menor a 300km; y de aumentar el subsidio para el resto de los BEV (IEA 2018). De esta forma, el subsidio cubre la importante brecha de precios existente entre los VMCI y los BEV de mayor autonomía, permitiendo que las empresas ganen en economías de escala y aprendizaje tecnológico sobre este tipo de vehículos.

Infraestructura para el Uso de Vehículos Eléctricos

A nivel general, existen tres tipos de cargadores eléctricos, diferenciados según la velocidad en la que logran recargar una batería. Los cargadores rápidos convierten la corriente alterna que reciben de la red de suministro eléctrico en corriente continua al interior del equipo, para luego transmitirla a las baterías de los EVs, recargando una batería en 30 minutos aproximadamente. Complementariamente, existen dos mecanismos más de recarga, basados en corriente alterna. El primero (AC nivel 1) es el difundido a nivel residencial (no requiere equipamiento especial), y demanda 20 horas aproximadamente para recargar una batería. El segundo (AC nivel 2) requiere un equipo especial y una instalación profesional, y recarga una batería en 7 horas aproximadamente (Kettles 2015).

La infraestructura pública necesaria para recargar los EVs ha aumentado su extensión en los países pioneros en la temática, dando como resultado que en 2017 existieron más de 430.000 puestos de recarga a nivel global (IEA 2018). Ante la existencia de las mencionadas fallas de coordinación que ralentizan las inversiones privadas en la producción de EVs e infraestructura de recarga (Altenburg et al. 2012), los cargadores eléctricos

están acaparados principalmente por China (gráfico 3), un país donde el Estado juega un rol preponderante en el impulso a la industria e infraestructura de EVs, y donde la difusión de la infraestructura de recarga ha sido muy acelerada en los últimos tres años. Luego le siguen otros países pioneros en la materia, como EEUU, Países Bajos, Japón, Alemania y Francia; estos últimos dos con un fuerte crecimiento en dicha infraestructura en los últimos años.

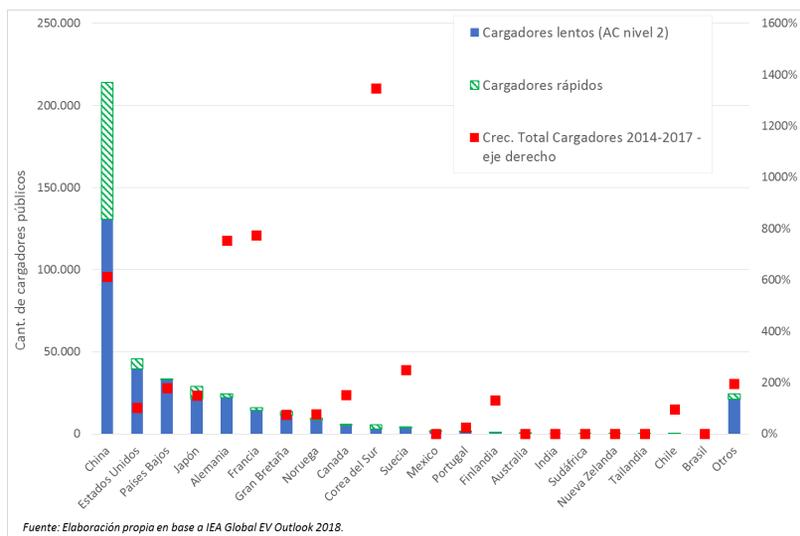


Gráfico 3. Cantidad y crecimiento de cargadores públicos de vehículos eléctricos por país

Además de los puestos públicos, existen también los puestos privados de recarga en las residencias y los lugares de trabajo (Gómez-Gélvez et al. 2016). Sin embargo, los mismos se encuentran más limitados, debido a que los puestos de recarga privados son más difíciles de compatibilizar con una elevada intensidad de departamentos en la infraestructura de edificación. La excepción al respecto son Noruega y Suecia, países donde sorprende la baja extensión y dinamismo de la infraestructura pública, ya que son los dos países con mayor market share de EVs (gráfico 2). En dichos países la recarga de EVs se realiza principalmente por la noche, de manera residencial (IEA 2018).

Desarrollo Tecnológico de la Cadena Productiva de Vehículos Eléctricos

La actual tendencia y las proyecciones productivas y de mercado se fundamenta también en un desarrollo tecnológico acelerado de los diseños y tecnologías que sustentan los EVs. En la tabla 3 podemos apreciar que la solicitud de patentes de alto impacto económico de los BEV ha crecido a nivel mundial mucho más fuertemente que la de VMCI en los últimos diez años. De hecho, mientras que para el año 2005 representaban cerca de la mitad de estas, para el año 2010 la solicitud de patentes de BEV habían superado a las de VMCI. Para el caso de los híbridos, el desarrollo tecnológico fue más estable que el de los BEV, pero cabe remarcar que los híbridos se nutren de los desarrollos tecnológicos tanto de los vehículos convencionales como de los BEV (Dijk 2014), al combinar un motor eléctrico con un motor de combustión interna. Por último, es importante destacar que en términos absolutos las patentes de EVs superan ampliamente a los desarrollos de FCEV; lo que las vuelve las tecnologías predominantes en términos de desarrollo tecnológico entre las fuentes de energías alternativas para el transporte.

Tabla 3. Solicitud de patentes de alto impacto económico (*) por país desarrollador para distintas tecnologías tradicionales y alternativas de la cadena automotriz

Tecnología patentada y país desarrollador (**)	1990	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Part. 2015	Var. 2005-2015
Vehículos de motor de combustión interna (VMCI)											
Mundo	573	1270	1483	1975	1854	1989	2251	2080	1791	100%	21%
Japón	272	467	670	544	511	546	709	619	480	27%	-28%
Estados Unidos	98	207	219	507	466	557	661	528	445	25%	103%
Alemania	98	320	267	404	378	373	308	341	312	17%	17%
Corea del Sur	2	11	35	82	97	93	114	174	180	10%	420%
Gran Bretaña	35	52	32	66	63	76	91	523	51	3%	58%
Francia	13	61	82	81	101	102	89	86	51	3%	-38%
Italia	5	19	28	40	33	26	34	52	42	2%	52%
Primeros siete desarrolladores (año 2015) / Total	91%	89%	90%	87%	89%	89%	89%	89%	87%		
Vehículos 100% eléctricos											
Mundo	88	377	825	2129	2466	2337	2231	1964	1138	100%	38%
Japón	35	225	527	1002	1211	1025	991	798	452	40%	-14%
Estados Unidos	13	63	112	340	382	351	379	373	208	18%	85%
Corea del Sur	0	7	33	175	234	260	275	254	149	13%	359%
Alemania	13	33	72	279	288	307	256	284	147	13%	104%
Francia	0	12	26	78	106	107	100	58	33	3%	29%
Gran Bretaña	5	1	2	23	31	49	37	25	32	3%	1492%
China	0	5	7	53	43	43	42	39	27	2%	309%
Primeros siete desarrolladores (año 2015) / Total	75%	92%	94%	92%	93%	92%	93%	93%	92%		

Vehículos híbridos											
Mundo	16	277	482	639	624	693	735	668	464	100%	-4%
Japón	4	176	249	256	258	243	259	201	188	41%	-24%
Estados Unidos	6	38	94	144	136	211	195	180	89	19%	-5%
Corea del Sur	0	2	10	32	43	40	66	97	68	15%	575%
Alemania	3	35	68	104	97	95	85	57	51	11%	-25%
Francia	0	3	18	16	24	28	56	23	18	4%	3%
China	0	2	1	10	4	2	14	40	17	4%	1178%
Suecia	0	5	15	11	8	21	19	30	7	2%	-53%
Primeros siete desarrolladores (año 2015) / Total	81%	95%	94%	89%	91%	92%	94%	94%	94%		
Aplicación de la tecnología del hidrógeno al transporte											
Mundo	2	140	178	140	151	236	227	297	178	100%	0%
Corea del Sur	0	0	3	14	9	38	51	84	59	33%	1850%
Japón	1	49	109	41	68	77	70	118	58	32%	-47%
Estados Unidos	0	33	28	34	24	53	43	39	21	12%	-25%
Alemania	0	47	28	31	33	32	31	36	17	10%	-39%
Gran Bretaña	1	3	4	3	2	3	7	1	6	3%	71%
Francia	0	2	1	5	6	19	9	6	5	3%	350%
canadá	0	6	4	1	2	2	3	3	4	2%	0%
Primeros siete desarrolladores (año 2015) / Total	100%	98%	99%	92%	96%	94%	93%	96%	94%		
Baterías											
Mundo	14	105	242	913	1000	968	680	809	561	100%	132%
Japón	7	64	123	444	473	436	261	374	261	47%	113%
Estados Unidos	1	21	15	95	122	137	133	115	103	18%	578%
Corea del Sur	0	3	71	155	189	183	157	158	97	17%	36%
Alemania	4	3	5	79	77	70	41	66	31	6%	527%
China	0	4	4	45	43	45	23	25	16	3%	353%
Taiwán	0	0	0	8	11	15	6	2	11	2%	n.c.
Francia	0	2	7	24	22	20	20	17	7	1%	-5%
Primeros siete desarrolladores (año 2015) / Total	86%	91%	93%	93%	94%	94%	94%	93%	94%		
Recarga de vehículos eléctricos											
Mundo	18	53	94	716	976	862	796	620	341	100%	263%
Alemania	1	6	9	104	114	118	109	121	93	27%	994%
Estados Unidos	3	22	32	148	207	178	184	160	75	22%	132%
Japón	7	16	39	300	433	348	287	156	61	18%	57%
Corea del Sur	0	0	2	33	64	41	69	69	23	7%	1050%
Francia	0	2	4	34	51	46	33	24	16	5%	343%
Gran Bretaña	0	1	4	5	10	17	11	6	15	4%	324%
Taiwán	0	0	0	6	10	11	11	6	13	4%	n.c.
Primeros siete desarrolladores (año 2015) / Total	61%	88%	94%	88%	91%	88%	88%	87%	86%		

Fuente: Elaboración propia en base a OCDE.

Nota: (*) Se contemplan sólo los desarrollos tecnológicos con solicitudes de patentes en tres o más mercados ("patent family size" 3 o superior). Según la OCDE, el patent family size correlaciona positivamente con el valor de la invención, por lo que se catalogaron aquí como de "alto impacto económico".

(**) Para las patentes desarrolladas por residentes de más de un país, la OCDE fracciona el valor estadístico de la variable entre todos los desarrolladores para evitar la doble contabilidad. Por ende, una invención desarrollada por residentes de dos países obtiene un valor de 0,5 en cada uno de dichos países.

n.c. = No se calcula.

Párrafo aparte amerita la estrategia relativa a DPI que están llevando adelante algunas empresas de EVs. En contraposición a la tradicional estrategia de las automotrices para el caso de los VMCI, donde se buscaba transformar el desarrollo endógeno de tecnología en ventajas competitivas de las empresas, las desarrolladoras de tecnología de EVs en distintas ocasiones han optado por liberar el uso de sus patentes. Por ejemplo, desde mediados de 2014 Tesla ha liberado el uso de sus patentes; concentradas principalmente en baterías, sistemas de recarga y motores eléctricos (Moritz et al. 2015). En enero de 2015, año en que salió a la venta el FCEV Mirai, Toyota también liberó el uso de patentes de sus desarrollos de FCEV y tecnologías de hidrógeno, aunque de manera más acotada: sólo las patentes de producción y suministro de hidrógeno se liberan indefinidamente, ya que las de FCEV serán de libre disponibilidad sólo hasta finales de 2020. En ambos casos, el objetivo es potenciar la difusión y desarrollos derivados de estas tecnologías, así como aprovechar economías de escala al profundizar la penetración en el mercado de estos modelos (Moritz et al. 2015).

En términos de los principales desarrolladores de tecnología, mientras que en los VMCI predominan ampliamente Japón, EEUU y Alemania (con una creciente participación de Corea del Sur), para el caso de los EVs aumenta la incidencia actual de Corea del Sur en detrimento de Alemania (tabla 3). Por otra parte, dentro de los principales siete países desarrolladores de tecnología de EVs aparece China (lo que no sucede para el caso de los VMCI), con una participación todavía menor, pero con una tendencia creciente en los últimos diez años. Idéntica situación se da para el caso de las baterías, sector donde en varios años Corea del Sur incluso supera EEUU en cantidad de patentes solicitadas. A nivel global, el fuerte crecimiento del desarrollo tecnológico de las baterías va en línea con una caída del costo de las mismas de un 73% entre 2008 y 2015 (DOE 2016); y con las proyecciones que indican que dichos costos seguirán bajando gracias a los nuevos desarrollos tecnológicos. Otro de los fundamentos que reducirá los costos de las baterías es el aumento de las economías de escala, ante proyectos de inversión en plantas que en promedio poseerán una escala productiva muy superior a la actual (tabla A.2 del Anexo). Al respecto, es importante destacar que la producción de baterías para EVs está fuertemente concentrada en cuatro empresas, originarias principalmente de Asia. En este mercado predominan las baterías de litio (IEA 2018), por lo que dicho recurso se torna clave para el desarrollo de este eslabón productivo (Dulcich et al. 2018).

Por último, en el desarrollo de los sistemas de carga de vehículos eléctricos

(esenciales para lograr disminuir los tiempos de recarga de las baterías en las estaciones de carga, uno de los cuellos de botella tecnológicos del sector) retoman la primacía la tríada de Japón, EEUU y Alemania (tabla 3), seguidos de lejos por Corea del Sur, Francia y Gran Bretaña.

TRANSICIÓN A LA ELECTROMOVILIDAD EN MÉXICO, BRASIL Y LA ARGENTINA

Situación Actual de la Cadena Automotriz en México, Brasil y la Argentina

México, Brasil y la Argentina son los principales productores automotrices de Latinoamérica (Dulcich et al. 2018). Entre ellos, se destaca la industria automotriz de México por su elevada escala (en términos absolutos y en relación a su población), elevada productividad por trabajador; y fuerte orientación exportadora (de la cadena en su conjunto, incluyendo el sector automotriz y autopartista), orientada principalmente al mercado de EEUU a través de las preferencias del NAFTA (tabla 4). Brasil, por su parte, está lejos de la productividad por trabajador de la industria automotriz mexicana, pero supera significativamente la de Argentina. Las diferencias de escala productiva entre Argentina y Brasil reflejan relativamente bien las diferencias de población entre dichos países. Sin embargo, la tasa de motorización de la Argentina es sensiblemente más alta que la de Brasil (e incluso superior a la de México). La diferencia entre producción nacional automotriz y uso de vehículos en la Argentina la estaría cubriendo la fuerte importación de vehículos, reflejada en el elevado déficit comercial automotriz del país. Por otro lado, entre ambos países existen diferencias de composición de la industria automotriz: en la Argentina (al igual que en México), predomina la producción de camionetas y utilitarios; mientras que en Brasil hay una preponderancia muy elevada de la producción de automóviles.

Tabla 4. Análisis comparativo de distintas variables seleccionadas de la cadena automotriz para México, Brasil y la Argentina

Sector	Variable	Argentina	Brasil	México
Industria Automotriz	Producción de vehículos (unidades) (año 2018)	466.649	2.879.809	4.100.525
	Automóviles (% del total)	45%	83%	38%
	Camionetas y utilitarios (% del total)	55%	12%	57%
	Otros (% del total)	0%	5%	5%
	Producción de vehículos cada 1000 habitantes (año 2018)	10,5	13,7	32,5
	Producción de vehículos por trabajador automotriz (año 2017)	16,3	25,5	45,0
	Tasa de motorización (vehículos en uso cada 1000 habitantes) (año 2015)	316	206	294
	Saldo comercial (Mill. U\$S) (año 2018) (1)	-2.525	607	60.517
	Principal destino de exportación (año 2018) (1)	Brasil	Argentina	EEUU
	Part. Del principal destino en las exportaciones totales del sector (año 2018) (1)	74%	64%	77%
Industria Autopartista (2)	Saldo comercial (Mill. U\$S) (año 2018)	-3.777	-3.902	-4.462
	Principal destino de exportación (año 2018)	Brasil	Argentina	EEUU
	Part. Del principal destino en las exportaciones totales del sector (año 2018)	73%	25%	83%
Cadena automotriz (eslabón terminal y autopartista) (3)	Valor agregado bruto / Valor bruto de producción (%) (año 2011)	21%	18%	34%
	Exportaciones sobre producción (año 2011)	46%	10%	76%
Vehículos eléctricos (4)	Parque automotor (año 2017. Para Argentina bienio 2017-2018)	1021 (5)	680	920
	Market share (año 2017. Para Argentina bienio 2017-2018)	0,07%	0,02%	0,02%
	Cantidad de cargadores eléctricos públicos (año 2017)	220 (6)	s.d.	1.528

Fuente: Elaboración propia en base a OICA, COMTRADE, OECD-TiVA 2016, ADEFA, ANFAVEA, AMIA, INEGI, World Development Indicators, IEA (2018), Dulcich et al. (2018), y AutoBlog (autoblog.com.ar/2019/02/27/el-gobierno-autorizo-a-las-terminales-a-traer-6-000-autos-electricos-pero-en-dos-anos-solo-importaron-mil/)

s.d.=sin datos.

Nata: (1) Incluye autobuses (HS02 8702), automóviles (HS02 8703), y camiones y camionetas (HS02 8704).

(2) Incluye correas de transmisión (HS02 4010), neumáticos nuevos (HS02 4011), motores nafteros (HS02 8407), motores diesel (HS02 8408), partes de motores (HS02 8409), ejes de transmisión (HS02 8483), y otras autopartes (paragolpes, cinturones, frenos, cajas de cambio, amortiguadores, radiadores, embragues, volantes, tubos de escape, etc; pertenecientes a la HS02 8708).

(3) Incluye el sector 34 de la ISIC rev. 3.

(4) Incluye PHEV y BEV. No incluye HEV.

(5) Incluye 765 Toyota prius de los cuales no se puede discernir cuantos son PHEV y cuantos HEV.

(6) Cargadores anunciados por la empresa YPF. Para más detalles, véase Dulcich et al. (2018).

En términos del comercio exterior, sobresale el fuerte superávit comercial de la industria automotriz mexicana, y los fuertes déficits comerciales de la Argentina, tanto en vehículos como autopartes (tabla 4). En este caso, en ambos sectores predominan los intercambios con Brasil, dada la elevada regionalización de la cadena en el marco de la Política Automotriz Común entre ambos países (Schteingart et al. 2017)⁹. Para Brasil, sin embargo, la incidencia de la Argentina en las exportaciones del sector autopartista es mucho menor; dada su capacidad exportadora extrarregional, donde predominan las exportaciones de neumáticos nuevos y partes de motores (Dulcich et al. 2018), principalmente orientadas a EEUU. En autopartes, las escasas exportaciones de Argentina y las fuertes exportaciones de Brasil explican que, a pesar de no mostrar diferencias significativas en términos de integración de la producción, ambos países posean similares déficits comerciales autopartistas, que no se condicen con las diferencias de escala de la industria automotriz (tabla 4). Es importante destacar que dicha integración productiva en Argentina y Brasil es sensiblemente menor a la existente en México; por lo que, a pesar de ser una industria de mucha mayor escala, presenta un déficit autopartista sólo marginalmente superior al de dichos países.

Para el caso de EVs, la producción a escala en los tres países seleccionados aún no ha comenzado, y su presencia en el mercado todavía es marginal (menor al 0.1%), basada casi exclusivamente en importaciones (tabla 4). La infraestructura de recarga también presenta un escaso despliegue.

Avances en la Producción y Difusión de los Vehículos Eléctricos en México

Según IEA (2018), México contó en 2017 con un parque automotor de BEV y PHEV de 920 unidades en total (tabla 4); y con ventas de HEV de 10.554 unidades (AMIA 2019). En el año 2018, las ventas de EVs aumentaron fuertemente, a 1785 (201 BEV y 1.584 PHEV) y a 16.022 HEV (AMIA 2019). De esta forma, según *Bloomberg New Energy Finance*, México es líder en la comercialización de EVs en Latinoamérica, y explica gran parte del crecimiento reciente de las ventas de EVs en la región¹⁰. En el mercado mexicano se encuentran presentes una gran

9 Al cierre del presente artículo, Argentina y Brasil firmaron el acuerdo de liberalización comercial entre el MERCOSUR y la UE (que debe ser ratificado en los parlamentos de ambos bloques). Su potencial impacto en la cadena automotriz del MERCOSUR amerita un estudio específico que excede los objetivos del presente trabajo.

variedad de marcas y modelos de EVs: BMW Active 5, BMW i8, Chevrolet Volt, Honda CR-Z, Nissan Leaf, Porsche Cayenne SE, Renault Twizy, Tesla Model S, y Toyota Prius, entre otros (NEA 2019).

Esta creciente difusión de EVs estuvo favorecida por regulaciones específicas que la incentivaron. Por ejemplo, existen exenciones a los impuestos a los vehículos nuevos y a los impuestos a la propiedad automotora de EVs, así como una tarifa diferencial para la recarga residencial. A la par, desde febrero de 2017 en México los EVs no pagan aranceles a la importación¹¹. En la Ciudad de México, los EVs están exentos de las restricciones de circulación; y la ciudad es signataria de la *Fossil Fuel Free Streets Declaration*, donde se compromete a que circulen sólo autobuses eléctricos para 2025 y sólo vehículos cero emisiones para el año 2030 en gran parte de la ciudad. Por otro lado, el Fondo de Transición Energética ha financiado la instalación de 2.017 centros de carga públicos, en el marco del “Programa Electrolineras” (MOVE 2018; IEA 2018).

En términos de perspectivas a futuro, para realizar prospectivas de mitigación de CO₂ se considera que el *market share* de BEV será del 1.45% para 2030 y superior al 10% para 2050 (Solís y Sheinbaum 2016). Por su parte, la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica, lanzada en septiembre de 2018 y liderada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, posee como objetivos un *market share* de EVs del 5% para el año 2030, de 50% para 2040 y de 100% para 2050 (MOVE 2018). Sin embargo, a pesar de la existencia de créditos especiales para la producción de EVs en el mercado mexicano (Gómez-Gélvez et al. 2016), y de que algunas de las automotrices globales que producen en México (como Renault, BMW y Ford) anunciaron su intención de comenzar el montaje de EVs en dicho país, aún no ha comenzado la producción a escala de estos vehículos (MOVE 2018).

Avances en la Producción y Difusión de los Vehículos Eléctricos en Brasil

Para el caso de Brasil, el plan automotriz *Rota 2030*, iniciado a mediados de 2018, posee entre sus directrices el objetivo de incentivar formas alternativas de propulsión de vehículos. Sin embargo, y a pesar de la valiosa existencia de grupos de investigación y programas de posgrado

10 Fuente: <https://about.bnef.com/blog/mexico-leads-electric-car-sales-latin-america/> (último acceso 09/09/2019).

11 Para más detalles, véase http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5470708&fecha=02/02/2017 (último acceso 09/09/2019).

orientados a EVs, el financiamiento de I+D para estos vehículos no pertenece a un programa específico de electromovilidad, sino que se enmarca en *Inova Energia*, un plan más general de desarrollo tecnológico energético; donde sólo 15 de los más de 100 proyectos financiados entre 2013 y 2016 fueron para EVs (PROMOB-e 2018). Este escaso financiamiento se refleja, por ejemplo, en el hecho de que el otorgamiento de patentes de tecnologías de EVs en Brasil fue realizado casi exclusivamente a empresas extranjeras, que buscan proteger los DPI de sus productos (desarrollados en el exterior) en dicho mercado. Sólo el 1.6% del total de patentes otorgadas entre 2002 y 2011 (30 patentes) fueron desarrollos tecnológicos de EVs realizados por residentes brasileños (De Mello et al. 2013); participación que está muy por debajo de la incidencia de los residentes brasileños en el total de patentes otorgadas en los último treinta años en su país (24%). Sin embargo, este problema no se explica meramente por un problema de oferta de financiamiento para I+D: en 2011 el gobierno brasileño creó un fondo especial para financiar I+D en desarrollo de productos de EVs, que luego de seis meses no recibió ningún proyecto a ser financiado. Esto demuestra también la existencia de un problema de demanda de financiamiento de I+D por parte de las empresas, y una falla de coordinación entre los agentes de la actividad (De Mello et al. 2013).

A nivel regulatorio, este país presentó incluso un desincentivo a los EVs mediante su estructura tributaria por varios años, ya que los mismos tributaban un Impuesto a los Productos Industrializados (IPI) más alto que los VMCI de menor cilindrada (Dulcich et al. 2018); problema que ha sido enmendado recientemente (MOVE 2018). En términos de comercio exterior, desde el año 2014 existen reducciones de aranceles de importación significativas para EVs, que los posicionan entre el 0% y el 7% según el grado de terminación y la eficiencia energética del vehículo (PROMOB-e 2018).

En infraestructura de recarga, la compañía eléctrica EDP y BMW Brasil han inaugurado recientemente el corredor eléctrico más extenso de Latinoamérica, que une San Pablo con Rio de Janeiro. En este contexto, la Agencia Nacional de Energía Eléctrica (ANEEL) aprobó una regulación que permite negociar precios especiales para la energía suministrada mediante las estaciones de recarga (MOVE 2018).

A pesar de estas iniciativas, la difusión de los EVs en el mercado brasileño ha sido escasa (tabla 4). Da Silva et al. (2018) calculan el tiempo de recuperación de la brecha de precios entre un BEV (Nissan Leaf con batería de 30kWh) y un VMCI (Toyota Corolla) en distintas ciudades

de Brasil, considerando que los EVs son más económicos en su uso (Gómez-Gélvez et al. 2016), pero que esto depende de parámetros locales como el costo de la energía y la gasolina, y los impuestos a ambos vehículos. Da Silva et al. (2018) remarcan un elevado tiempo de recuperación de la brecha de precios, lo que explicaría la limitada difusión de EVs en Brasil. El tiempo de recuperación promedio de dicha brecha de precios es de 24 años para las 27 ciudades analizadas, pero se reduce a 10 años para las 7 ciudades que poseen un 100% de exención impositiva a los EVs, período de recuperación que igualmente los autores consideran elevado.

A nivel productivo, la empresa china BYD se asoció con la empresa local Marcopolo para producir autobuses eléctricos en Campinas (MOVE 2018), cuyas primeras unidades ya están circulando. Toyota, por su parte, ha anunciado la producción del híbrido Corolla flex en su fábrica de Indaiatuba, estado de San Pablo, que saldría al mercado hacia fines del 2019. Este vehículo será el primero del mundo en realizar un híbrido entre una motorización eléctrica y otra en base a alconaf¹²; combustible que utilizan el 92% de los vehículos producidos en Brasil (Marx y De Mello 2014).

Avances en la Producción y Difusión de los Vehículos Eléctricos en la Argentina

En la Argentina, son escasas las iniciativas orientadas a la producción y difusión de EVs, temática en la que se encuentra rezagado respecto al resto de la región (MOVE 2018).

Una iniciativa concreta fue el decreto 331/2017, que redujo los derechos de importación de EVs para un cupo máximo de 6.000 vehículos; para localizarlos en un rango entre un 5% y 0% según el tipo de EV y si el vehículo se arma o no en el país. Una medida que complementa esta iniciativa es el decreto 51/2018, que determina una cuota de 350 autobuses eléctricos que pueden ser importados con una preferencia arancelaria. Este arancel es de 0% para las empresas con un plan de producción local aprobado; y del 10% para las restantes. El mencionado decreto dispone también una cuota de importación de 2.500 cargadores eléctricos rápidos al 2% de arancel.

En término de inversiones, la empresa china BYD tiene un proyecto de inversión de una planta industrial en la provincia de Buenos Aires,

12 Para más detalles, véase <http://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/toyota-anuncia-aportes-e-apresenta-1o-veiculo-hibrido-flex-do-mundo> (último acceso 22/07/2019).

orientada a la producción de autobuses eléctricos (Dulcich et al. 2018). Este anuncio de inversión se da en el contexto del reciente Plan Nacional de Mitigación del Sector de Transporte, que tiene como meta de que los autobuses eléctricos acaparen el 30% de la flota de autobuses del Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) para el año 2030 (MINAMB 2017). Turturro y Ubogui (2016) destacan el elevado potencial del reemplazo de la flota de autobuses para reducir las emisiones de CO₂ en el AMBA, ya que los mismos emiten más CO₂/km que los automóviles (taxis y autos privados) y recorren más kilómetros por día. Según los autores, esto podría realizarse sin la necesidad de ampliar excesivamente la capacidad productiva de energía eléctrica, ya que los autobuses se podrían recargar durante la noche, cuando la demanda de energía es baja. Actualmente, se están realizando pruebas piloto de incorporación de autobuses híbridos y 100% eléctricos, incorporando ocho unidades en cuatro líneas de colectivos que transitan por la ciudad (MOVE 2018).

La infraestructura de recarga es otro de los tópicos donde se han realizado escasos avances. La petrolera YPF anunció en abril de 2017 la instalación de 220 puestos de recarga rápida de baterías en sus estaciones. Sin embargo, en agosto la empresa Edesur (distribuidora de energía en la zona sur de capital y gran Buenos Aires) realizó un reclamo ante el Ente Nacional Regulador de la Electricidad (ENRE) alegando que dicha empresa posee exclusividad en la distribución y comercialización de energía eléctrica según el contrato de concesión del servicio. Sin embargo, el ENRE desestimó el reclamo, alegando que la venta de electricidad a EVs será encuadrada como negocio no regulado, permitiendo la competencia en el sector (Dulcich et al. 2018). En este contexto, la instalación de los cargadores por parte de YPF ha avanzado muy lentamente.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los EVs representan todavía una fracción menor de la producción mundial automotriz. Sin embargo, presentan una dinámica productiva y tecnológica creciente, superior a la de los VMCI; y se han posicionado en la actualidad como predominantes dentro del universo de las tecnologías alternativas a dichos vehículos. Su desarrollo y producción a nivel internacional está muy incidido por los incentivos generados por distintas políticas específicas en diversos países (subsidios a la demanda, financiamiento de I+D, regulaciones que limitan las emisiones de GEI, etc.). En este contexto, los EVs representan una potencial transición en

el paradigma tecno-económico de la cadena, que abre ventanas de oportunidad para el reposicionamiento de empresas y países, y el surgimiento de nuevos competidores; así como un desafío de envergadura para los actuales líderes de la cadena. De hecho, China considera a este contexto de transición como una oportunidad para realizar un *leapfrogging* en un sector dominado a nivel global por grandes firmas occidentales, japonesas y surcoreanas.

Al analizar las oportunidades y amenazas que se abren para la región, podemos apreciar que las mismas son heterogéneas entre los países estudiados. El NAFTA representa una oportunidad para México, al tener acceso preferencial a uno de los mayores mercados de EVs del mundo, y deficitario a nivel comercial en HEV y PHEV. México actualmente presenta una industria de alta escala y productividad, con un mayor nivel de integración productiva (en comparación con Argentina y Brasil), y una fuerte orientación exportadora al mercado de EEUU. Estas condiciones le brindan una buena posición para acelerar la transición a la electromovilidad, no sólo orientada a su mercado interno (el cual presenta un incipiente dinamismo, principalmente en HEV) sino especialmente al de EEUU.

Para el caso de Brasil, la cadena automotriz está fuertemente integrada con la Argentina a través de su Política Automotriz Común; siendo Brasil el mercado y polo productivo de mayor escala y capacidades tecnológicas. A pesar de poseer una industria autopartista con destinos de exportación diversificados, la industria automotriz posee una fuerte orientación al mercado interno, el cual muestra un bajo dinamismo en términos de EVs. A nivel regulatorio, recientemente se han desarmado ciertos desincentivos impositivos a los EVs, y propiciado su importación, entre otras medidas. Sin embargo, haría falta una combinación más intensa de instrumentos (generalizar exenciones impositivas del 100% en todas las ciudades y reducir los precios de provisión de energía eléctrica para EVs, entre otras) de manera de efectivizar una mayor difusión de estos vehículos en el mercado de Brasil (Da Silva et al. 2018). En términos productivos, basado en su experiencia con vehículos alternativos como los *flex*, con motores que combustionan alconafita (incentivados desde los setenta desde el Estado ante la escasez de petróleo en su territorio y el incremento de su precio internacional), se encuentra iniciando la producción de un vehículo híbrido que combina dichos motores con los eléctricos. Sin embargo, las capacidades y recursos acumulados en dicha tecnología específica, la importante producción primaria en la que se sustenta (el etanol y la creciente extracción de petróleo *offshore* de las cuantiosas reservas de “Pre-Salt”) así como los intereses creados alrededor

de los mismos (petroleras, automotrices, etc.) podrían atentar contra la transición a EVs en Brasil y generar un *lock-in* en la tecnología de motores *flex* (De Mello et al. 2013). Por otro lado, recientemente se han identificado reservas de metales de tierras raras en Brasil, un recurso natural clave para los imanes de los motores eléctricos de los EVs, y que es objeto de disputa geopolítica entre China y EEUU (Dulcich et al. 2018). En este incierto contexto internacional, representa una ventaja que podría aprovecharse para catapultar la cadena productiva de EVs y sus componentes.

Al igual que en el caso de Brasil, la industria automotriz argentina es fuertemente dependiente del mercado regional, pero recientemente ha logrado cierta diversificación de destinos de exportación de la mano de la especialización en pickups. Dado que estos vehículos poseen cierto retraso en su electrificación en relación a los automóviles, esto se presenta como una oportunidad para el país para posicionarse como pionero en la materia (Dulcich et al. 2018). Para catapultar estos desarrollos, posee una de las principales reservas de litio a nivel global, y es el único país (junto con China) que conjuga grandes reservas de ese recurso y una industria automotriz de envergadura (la producción automotriz en Australia ha cesado en 2017); lo que lo posiciona en una situación privilegiada para el desarrollo de EVs. Sin embargo, la electromovilidad representa también una amenaza certera para la industria autopartista argentina. Los EVs muchas veces no incorporan caja de cambios, lo que podría llegar a atentar contra la producción y exportaciones de cajas de cambios que posee la Argentina en la actualidad, una de las pocas autopartes con exportaciones extrarregionales relevantes (Dulcich et al. 2018).

En síntesis, más allá de las heterogeneidades mencionadas en términos de oportunidades y amenazas entre los países latinoamericanos analizados, se pueden bosquejar algunos rasgos comunes de una potencial estrategia orientada a impulsar la electrificación de los vehículos en estos países. Por ejemplo, es importante plantear la necesidad no acotar los incentivos a la necesaria promoción de la difusión de EVs (mediante cuotas de importación con arancel preferencial, acceso preferencial a infraestructura vial, extensión de la infraestructura de recarga, etc.), sino complementarlos con los incentivos a la producción y exportación de estos vehículos. La gran mayoría de las oportunidades mencionadas para los países latinoamericanos estudiados se centran en la esfera de la producción, oportunidades destacadas también por Gómez-Gélvez et al. (2016). Por otro lado, la orientación exportadora (especialmente a mercados de altos ingresos) permitiría mitigar la limitación que implica en el corto plazo

la brecha de precios entre EVs y VMCI equivalentes para lograr una elevada penetración en el mercado interno, hasta que dichos precios finalmente converjan. A la par, las exportaciones ayudarían a atenuar la restricción externa al crecimiento de estos países.

Para finalizar, cabe destacar que los desafíos para aprovechar estas potenciales oportunidades para los países de la región son sustantivos, y requieren de asignación de recursos para I+D, formación de recursos humanos, readecuación de marcos regulatorios, diseño de incentivos a la iniciativa privada, y coordinación de inversiones productivas y de infraestructura, entre otras. Los mencionados procesos se dan en contextos de transiciones tecnológicas que tienen un elevado grado de incertidumbre. Esto aumenta los riesgos de asignar recursos a estos procesos, pero a la par dichos contextos son los que representan ventanas de oportunidad más significativas. El objetivo del presente trabajo fue sumar elementos al debate sobre las oportunidades y amenazas que generan las transformaciones en marcha en la cadena automotriz para los países de la región, y sobre cuáles serían las herramientas necesarias para aprovecharlas.

REFERENCIAS

- Altenburg, T., S. Bhasin y D. Fischer(2012), “Sustainability-oriented Innovation in the Automobile Industry: Advancing Electromobility in China, France, Germany and India,” *Innovation and Development*, Vol. 2, No. 1, pp. 67-85.
- AMIA(2019), *Reporte de venta de vehículos híbridos y eléctricos*, Asociación Mexicana de la Industria Automotriz, Ciudad de México.
- Cimoli, M. et al.(2009), “Institutions and Policies Shaping Industrial Development: An Introductory Note,” en Cimol et al., *Industrial Policy and Development: The Political Economy of Capabilities Accumulation*, Oxford.
- Da Silva, R.E., P.M. Sobrinho y T.M. de Souza(2018), “How Can Energy Prices and Subsidies Accelerate the Integration of Electric Vehicles in Brazil? An Economic Analysis,” *The Electricity Journal*, Vol. 31, No. 3, pp. 16-22.
- De Mello, A.M., R. Marx y A. Souza(2013), “Exploring Scenarios for the Possibility of Developing Design and Production Competencies of Electrical Vehicles in Brazil,” *International Journal of Automotive Technology and Management*, Vol. 13, No. 3, pp. 289-314.
- Dijk, M.(2014), “A Socio-technical Perspective on the Electrification of the Automobile: Niche and Regime Interaction,” *International Journal of Automotive Technology and Management* 21, Vol. 14, No. 2, pp. 158-171.
- Ding, N., K. Prasad y T.T. Lie(2017), “The Electric Vehicle: A Review,” *International Journal of Electric and Hybrid Vehicles*, Vol. 9, No. 1, pp.
- DOE(2016), *Revolution Now. The Future Arrives for Five Clean Energy Technologies*, US Department of Energy (DOE).
- Dulcich, F., D. Otero y A. Canzian(2018), “Evolución histórica, situación actual y perspectivas de la cadena automotriz a nivel global y regional: ¿Son los vehículos eléctricos una oportunidad para la Argentina?,” documento de trabajo del CIDIV N° 01/2018, Facultad Regional General Pacheco, UTN, [último acceso 13/11/2018], disponible en http://www.frgp.utn.edu.ar/images/utn-frgp/scyt/_archivos/documento-trabajo-cidiv/documento-de-trabajo-del-cidiv.pdf
- Fujimoto, T.(2017), “An Architectural Analysis of Green Vehicles-possibilities of Technological, Architectural and Firm Diversity,” *International Journal of Automotive Technology and Management*, Vol. 17, No. 2, pp. 123-150.
- Gómez-Gélvez, J. et al.(2016), *La incorporación de los vehículos eléctricos en América Latina*, Banco Interamericano de Desarrollo.
- Haugh, D., A. Mourougane y O. Chatal(2010), “The Automobile Industry in and beyond the Crisis,” OECD Economics Department Working Papers, No. 745.
- Huth, C., K. Wittek y T.S. Spengler(2013), “OEM Strategies for Vertical Integration in the Battery Value Chain,” *International Journal of Automotive Technology and Management*, Vol. 13, No. 1, pp. 75-92.
- IEA(2017), *Global EV Outlook 2017: Two Million and Counting*, International Energy Agency, Francia.

- _____ (2018), *Global EV Outlook 2018: Towards Cross-modal Electrification*, International Energy Agency, Francia.
- IPCC(2014), *Climate Change 2014: Synthesis Report*, Ginebra, Suiza: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Kemp, R., J. Schot y R. Hoogma(1998), “Regime Shifts to Sustainability through Processes of Niche Formation: The Approach of Strategic Niche Management,” *Technology Analysis and Strategic Management*, Vol. 10, No. 2, pp. 175-198.
- Kettles, D.(2015), “Electric Vehicle Charging Technology Analysis and Standards,” Florida Solar Energy Center Report, FSEC-CR-1996-15, [último acceso 20/06/2018], disponible en <http://www.fsec.ucf.edu/en/publications/pdf/FSEC-CR-1996-15.pdf>
- Lundvall, B.(1992), *National Systems of Innovation*, Londres: Pinter Publishers.
- Marx, R. y A.M. De Mello(2014), “New Initiatives, Trends and Dilemmas for the Brazilian Automotive Industry: The Case of Inovar Auto and Its Impacts on Electromobility in Brazil,” *International Journal of Automotive Technology and Management*, Vol. 14, No. 2, pp. 138-157.
- MINAMB(2017), “Plan Nacional de Mitigación del sector Transporte (PNMT),” Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, octubre de 2017, [último acceso 02/07/2018], disponible en https://www.argentina.gov.ar/sites/default/files/anexo_9.06._plan_de_mitigacion_del_sector_transporte_2017.pdf
- Moritz, M. et al.(2015), “Tesla Motors, Inc.: Pioneer towards a New Strategic Approach in the Automobile Industry along the Open Source Movement?,” 2015 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET), IEEE, pp. 85-92.
- MOVE(2018), Movilidad eléctrica: *Avances en América Latina y el Caribe y oportunidades para la colaboración regional 2018*, ONU Medio Ambiente, Panamá.
- NEA(2019), “Electric Vehicles in Mexico,” Netherlands Enterprise Agency (NEA), [último acceso 05/11/2019], disponible en <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2019/05/electric-vehicles-in-mexico.pdf>
- Nykqvist, B. y M. Nilsson(2015), “Rapidly Falling Costs of Battery Packs for Electric Vehicles,” *Nature Climate Change*, Vol. 5, No. 4, pp.
- PROMOB-e(2018), “Sistematização de iniciativas de mobilidade elétrica no Brasil,” Projeto Sistemas de Propulsão Eficiente (PROMOB-e), Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC).
- Schot, J. y F.W. Geels(2007), “Niches in Evolutionary Theories of Technical Change,” *Journal of Evolutionary Economics*, Vol. 17, No. 5, pp.
- Schteingart, D.M., J.E. Santarcangelo y F.E. Porta(2017), “La inserción Argentina en las cadenas globales de valor,” *Asian Journal of Latin American Studies*, Vol. 30, No. 3, pp. 45-82.
- Solís, J. y C. Sheinbaum(2016), “Consumo de energía y emisiones de CO₂ del autotransporte en México y escenarios de mitigación,” *Revista Internacional*

- de Contaminación Ambiental*, Vol. 32, No. 1, pp. 7-23.
- Stern, N.(2008), “The Economics of Climate Change,” *American Economic Review*, Vol. 98, No. 2, pp. 1-37.
- Sturgeon, T. et al.(2009), “Globalisation of the Automotive Industry: Main Features and Trends,” *International Journal of Technological Learning, Innovation and Development*, Vol. 2, No. 1/2, pp. 7-24.
- Sturgeon, T., J. Van Biesebroeck y G. Gereffi(2009), “The North American Automotive Value Chain: Canada’s Role and Prospects,” *International Journal of Technological Learning, Innovation and Development*, Vol. 2, No. 1, pp. 25-51.
- Turturro, G.A. y M.E. Ubogui(2016), “Roadmap and Infrastructure Assessment to Introduce Electro Mobility in Buenos Aires City,” Proceedings of 23th World Energy Congress, Istanbul.
- Wang, H. y C. Kimble(2011), “Leapfrogging to Electric Vehicles: Patterns and Scenarios for China’s Automobile Industry,” *International Journal of Automotive Technology and Management*, Vol. 11, No. 4, pp. 312-325.
- Wang, N., H. Pan y W. Zheng(2017), “Assessment of the Incentives on Electric Vehicle Promotion in China,” *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 101, pp. 177-189.
- Zheng, J. et al.(2012), “Strategic Policies and Demonstration Program of Electric Vehicle in China,” *Transport Policy*, Vol. 19, No. 1, pp. 17-25.

Article Received: 2019. 10. 10.

Revised: 2019. 11. 12.

Accepted: 2019. 11. 14.

ANEXO ESTADÍSTICO

Tabla A.1. Precio de venta de VMCI y EV equivalentes en el mercado de EEUU, según tipo de electrificación (Mayo de 2019)

Clase de EV	EV		VMCI		Diferencia de precio
	Marca y modelo	Precio (U\$S)	Marca y modelo	Precio (U\$S)	
HEV	Toyota Avalon Hybrid	36,650	Toyota Avalon	35,650	3%
	Honda Accord Hybrid	25,320	Honda Accord	23,720	7%
PHEV	Chevrolet Volt	33,520	Chevrolet Malibu	22,090	52%
	Honda Clarity PHEV	33,400	Honda Civic	19,450	72%
BEV	Volkswagen e-Golf	31,895	Volkswagen Golf	21,845	46%
	Nissan Leaf	29,990	Nissan Versa	12,460	141%

Fuente: Elaboración propia en base a Gómez-Gélvez et al. (2016), www.chevrolet.com, www.nissanusa.com, www.honda.com, www.toyota.com, y www.vw.com

Nota: Precios de venta sugerido por el fabricante (MSRP, por sus siglas en inglés) en el mercado de EEUU para el 16/05/2019. Los precios no incluyen flete a destino, impuestos, título, patentamiento, comisiones del concesionario ni equipamiento opcional.

Tabla A.2. Principales fabricas operativas y anunciadas de baterías de litio para EVs

Empresa	Capacidad instalada (GWh/año)	Localización	Condición	Año proyectado o efectivo de inicio de operaciones
BYD	8	China	Operativa	2016
CATL	7	China	Operativa	2016
Panasonic	3,5	Japón	Operativa	2017
LG Chem	2,6	EEUU	Operativa	2013
Tesla	35	EEUU	Anuncio de inversión	2018
BYD	24	China	Anuncio de inversión	2019
SK innovation	7,5	Hungría	Anuncio de inversión	2020
CATL	24	China	Anuncio de inversión	2020
Reliance	25	India	Anuncio de inversión	2022
Northvolt	32	Suecia	Anuncio de inversión	2023
TerraE	34	Alemania	Anuncio de inversión	2028

Fuente: Elaboración propia en base a IEA (2018) y Knoema Corporation.