



## LA NORMATIVA DE EMISIONES EN EL SECTOR AUTOMOTRIZ EN EL CONTEXTO DE LA SUSTENTABILIDAD: UN COMPARATIVO ENTRE MÉXICO Y EL PRIMER MUNDO

*Autor:* José Manuel Silva Pastor<sup>1</sup>, *Coautor:* Dr. Miguel Esparza Flores<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Zacatecas  
forzamanuel94@gmail.com

### RESUMEN

Los niveles de contaminación del aire en los años de posguerra, orillaron a que los gobiernos alrededor del mundo impusieran límites a los niveles de emisiones que emanan los vehículos automotores a partir de los años 70, límites que se han vuelto más estrictos con el paso del tiempo y que en años recientes han orientado a las empresas del sector automotriz a realizar inversiones de I+D enfocadas a la utilización de energías verdes. De manera que este trabajo tiene por objetivo realizar una comparativa entre las medidas adoptadas en el primer mundo y la situación rezagada en la que se encuentra México en materia de control de emisiones provenientes de fuentes móviles, atribuible a factores institucionales y cómo se expresan estas diferencias a través de la oferta de los productos de este sector, por último se señalan las limitantes para la adopción de los denominados vehículos verdes que día a día comienzan a ser más comunes en naciones desarrolladas.

Palabras Clave: Normativa de emisiones, vehículos verdes, energías limpias

### INTRODUCCIÓN

La introducción del automóvil a finales del siglo XIX como medio de transporte, fungió como un parteaguas al permitir que la población se pudiera desplazar por las ciudades con comodidad y rapidez a diferencia de cómo se solía hacer cuando se implementaba la fuerza biológica, dígame, carruajes propulsados por equinos. Situándonos a comienzos del siglo XX, la introducción del Ford Modelo T permitió que la clase obrera pudiera aspirar a la posesión de un vehículo personal, gracias a las técnicas introducidas en el proceso de producción, que permitían disminuir los costos de manufactura. Así, en este contexto, la continua expansión de las urbes, la construcción de redes viales de comunicación y la adquisición de vehículos automotores por

parte de las familias, podían ser consideradas como símbolos del progreso, no obstante, las primeras crisis ambientales, producto de la contaminación del aire en algunas ciudades estadounidenses, abrieron el debate en torno a limitar los niveles de contaminación por parte de las fuentes de emisiones, un enfoque basado en aquel establecido por la Economía Ambiental, que busca establecer óptimos de contaminación.

Estados Unidos se convertiría en la primera nación en establecer límites a la contaminación proveniente de las fuentes móviles (automóviles), creando una institución encargada de la fijación de estas normativas a comienzos de la década de los 70. Medidas similares serían asimiladas por otras naciones, como las europeas, y desde luego, también México, aunque este último se ha caracterizado



## II Seminario de Investigación en Economía: Sustentabilidad y Nanotecnología



por su lenta reacción para adaptar las normativas vigentes de otras naciones, en específico las estadounidenses y las europeas que sirven de base para establecer los límites en México. Este desfase permite que las empresas del sector automotriz introduzcan vehículos que hagan omisión de las nuevas tecnologías enfocadas a la reducción de emisiones, de manera que el objetivo de este trabajo consiste en señalar el estado de las normativas de emisiones en Estados Unidos y Europa, y cómo éstas en conjunto con las políticas que se implementan en estos países, han incidido en la adopción de vehículos de bajas o nulas emisiones contaminantes, y partiendo de ello, se realiza una comparación al respecto con México.

### TEORÍA

Como se mencionaba en la introducción, la visión de limitar la contaminación (o externalidades) por parte de las fuentes móviles, está basada en el enfoque de la Economía Ambiental, que deriva del pensamiento neoclásico. Al respecto, Pigou (1920) quien es considerado el fundador de este enfoque, parte del concepto Marshalliano de las externalidades, clasificándolas como positivas y negativas, justificando la intervención estatal con el fin de corregir las segundas. Coase (1960), por su parte, reconoció que el mercado no era capaz de determinar el óptimo de externalidades, no obstante, se desvía del pensamiento de Pigou al sostener que es posible prescindir de las intervenciones a través de los derechos de propiedad, que establecen la capacidad de disponer de un recurso, puesto que el agente contaminador llegará a un acuerdo con los agentes afectados, de manera que se llegará a un óptimo social.

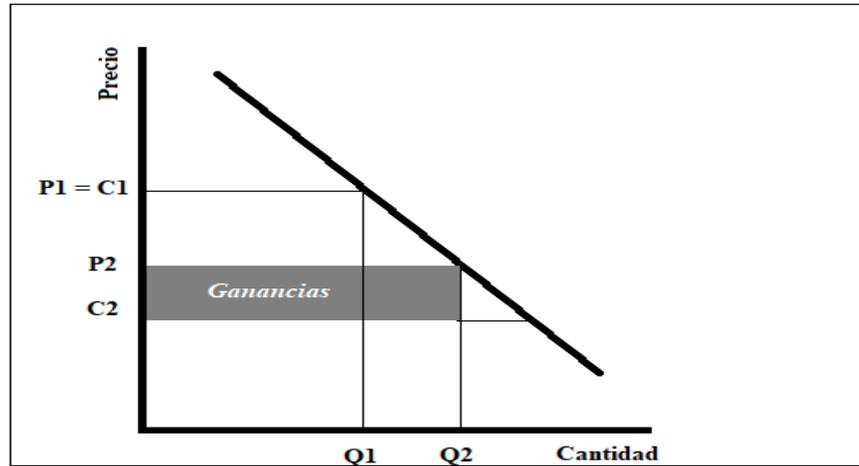
Si bien, el enfoque de la Economía Ambiental es el que predomina en el

Partiendo de lo anterior, este trabajo se estructura de la siguiente manera: Se comienza con una revisión teórica que aborda el manejo de los recursos naturales de acuerdo a la ciencia económica, así como el enfoque de la tecnología inducida que aborda el tema de la transición energética; después se da paso a una descripción sintetizada de las medidas que son implementadas en Estados Unidos y Europa, así como México para el control de emisiones provenientes de sus respectivos parques vehiculares, y presentar cómo las diferenciaciones se expresan a través de la penetración de tecnologías verdes. Después se mencionan las repercusiones que tuvo el caso *Dieselgate* en las regiones analizadas, para finalmente dar paso a los resultados y a las conclusiones.

planteamiento de políticas económicas, es pertinente hacer mención de la Economía Ecológica, rama que surgió propiamente en la década de los 80 y que se caracteriza por su multidisciplinariedad, al querer integrar conceptos de la física, biología y otras ciencias al análisis económico, de manera que se basa en las leyes de la termodinámica, además parte de principios éticos como la solidaridad y la cooperación para abordar los problemas ambientales (Hartley, 2008). De esta manera, este enfoque deja entrever el concepto de sustentabilidad, entendiéndolo como la capacidad de satisfacer las necesidades actuales, sin afectar las necesidades de generaciones futuras, esto es evidente si se enfoca en la segunda ley de la termodinámica, la ley de la entropía, la cual establece que la energía se degrada, que a su vez se puede traducir como que las cualidades de los recursos naturales, presentan un límite en su aprovechamiento.



Gráfica 1. Impacto de la innovación en precios, costos y ganancias



Fuente: Nordhaus (2002)

Respecto a la transición energética, es importante citar a Nordhaus (2002), y su visión en relación a la innovación inducida, donde parte del supuesto de que es generalmente la empresa privada quienes llevan a cabo las innovaciones, a través de sus procesos de Investigación y Desarrollo (I+D), con el objetivo de obtener un beneficio. De acuerdo al modelo que plantea este autor, y que se visualiza en la Gráfica 1. Impacto de la innovación en precios, costos y ganancias. Se parte que dado un sector, las empresas tienen acceso a una tecnología dominante, la cual en un periodo de tiempo determinado tendrá un determinado costo ( $C1$ ), así como un precio de mercado ( $P1$ ), que en un inicio conforman la igualdad  $C1=P1$ . No obstante, una innovación en dicha tecnología permitirá disminuir su costo ( $C2$ ), del cual el inventor puede apropiarse de la fracción correspondiente a la reducción de dicho costo ( $\alpha$ ), fijando el precio como  $C2+\alpha$ , y como resultado, maximiza sus ganancias, a la vez que incrementa la cantidad

ofertada ( $Q2$ ). No obstante, no deben ignorarse las acciones del sector público, o las universidades, quienes suelen desarrollar tecnologías benignas para el medio ambiente, en búsqueda de obtener un beneficio social, y no necesariamente el económico (Jaffe, Newell y Stavins, 2001).

Por otro lado, también se debe mencionar el concepto de la Tasa de Retorno Energético (TRE), entendiéndolo como una relación entre la energía que se obtiene, y la que es utilizada para su obtención, tal y como se visualiza en la ecuación 1. Contextualizando, la TRE en la industria petrolera presenta una tendencia a la baja, con costos de producción crecientes (Hall, Lambert y Balogh, 2014). Esto converge con lo dicho por Ferrari (2016), quien señala que la transición energética es necesaria, partiendo del hecho de que la era del petróleo barato llegó a su fin, además considera al petróleo como una herencia geológica, que una vez consumidos estos recursos, ya no se tendrá disposición sobre ellos.

Ecuación 1.

$$TRE = \frac{\text{Energía obtenida}}{\text{Energía requerida para obtener dicha energía}}$$



## II Seminario de Investigación en Economía: Sustentabilidad y Nanotecnología



### METODOLOGÍA

En este trabajo se realiza una descripción de las normativas de emisiones implementadas en Estados Unidos, la Unión Europea y México, a las cuales están sujetas las empresas del sector automotriz, para después realizar una comparativa en la adopción de vehículos que emplean energías limpias, que permitan inferir la importancia del factor institucional para la adopción de tecnologías enfocadas a la

disminución de emisiones contaminantes. Para ello se consultaron los portales gubernamentales donde se publican las respectivas normativas, así como estadísticas oficiales que muestran las ventas de vehículos verdes, y además, se realizó una revisión de literatura que aborda el tema de la adquisición de vehículos eléctricos en el primer mundo.

### LA EVOLUCIÓN EN LA NORMATIVA ESTADOUNIDENSE

Estados Unidos fue el primer país en establecer límites de contaminación provenientes de los vehículos automotores, donde la discusión se remonta a un suceso en 1948, cuando una nube de smog afectó por un periodo de 5 días la ciudad de Donora, en Pensilvania, que trajo como resultado 20 muertos y 6000 afectados. Este suceso fue el disparador para que el tema de la contaminación del aire llegara al congreso del país norteamericano en los años 50 y llevaría al establecimiento del *Clean Air Act* (CAA) en 1963, que fijaría las bases para los primeros estándares de emisiones en vehículos automotores para 1968 a través del Motor Vehicle Air Pollution Control Act (Kuklinska, Wolska y Namiesnik, 2015).

Aunque en un inicio, el gobierno federal permitía que cada estado estableciera estándares regionales a la calidad del aire, la falta de resultados orilló al establecimiento de una institución que se encargara de los temas relacionados al cuidado del medio ambiente, a través de la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) en 1970, quien hasta la fecha es el organismo encargado de fijar los estándares a los que están sujetos los productos del sector automotriz en dicho país. Destaca el hecho de que para 1975, las automotrices estaban forzadas a disminuir las emisiones de sus productos en un 90%, siendo vital la intervención por parte de Johnson Mantthey, empresa británica que demostró que los niveles establecidos por el EPA eran

permisibles a través del catalizador, dispositivo que originalmente fue desarrollado para disminuir las emisiones de fábricas industriales (Acres y Harrison, 2004). A través de esta tecnología, la mayoría de gases altamente tóxicos como el monóxido de carbono (CO), que en grandes concentraciones es mortal para los organismos al impedir que los glóbulos rojos transporten oxígeno a las células; hidrocarburos no quemados (HC) que pueden causar afecciones respiratorias, o los óxidos de carbono (NOx), responsables de la lluvia ácida, sean transformados en gases menos dañinos como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que es uno de los principales responsables del calentamiento global, o agua (H<sub>2</sub>O).

En la actualidad, los estándares están dados por los *Tier*, producto de una enmienda que recibió el CAA en 1990, a través de la cual establecía nuevos límites que debían ser adoptados a partir de los vehículos y camiones ligeros año modelo 1994, finalizando para 1997 para el caso de la normativa *Tier 1*. Terminada la implementación de estos estándares, en 1999 se estableció la normativa *Tier 2*, que se caracterizaba por ser más restrictiva, pero además, inició un proceso de convergencia entre los estándares federales impuestos por el EPA, con los estándares californianos, entidad que se orienta a través de su propia normativa, más exigente a la federal, y ésta es establecida por la Junta de Recursos del Aire de California (CARB, por sus siglas en inglés). En la década



## II Seminario de Investigación en Economía: Sustentabilidad y Nanotecnología



de los 90, el CARB, a diferencia del EPA, pedía que los fabricantes más importantes (en términos de ventas), comercializaran vehículos verdes, esto de acuerdo al programa de Vehículos de Emisiones Cero (ZEV, por sus siglas en inglés), que contemplaba originalmente vehículos eléctricos, o aquellos que operan con celdas de combustible (hidrógeno), sin embargo, en la actualidad también considera tecnologías híbridas o medios de transporte que utilicen gas natural (Carley, et al., 2019), posiblemente porque se ajusta a los cambios en el estado del arte en tecnología orientada a la disminución de emisiones.

La implementación del *Tier 2*, inició con los vehículos año modelo 2004, y finalizó en 2009, estando enfocada a disminuir las

emisiones de material particulado (MP), que son partículas pequeñas que pueden ingresar a sistema respiratorio, e inclusive al circulatorio, causando afectaciones respiratorias y cardiacas, asimismo, esta normativa también exigía niveles más bajos de NOx. Una vez concretado el *Tier 2*, el EPA dio paso a los estándares que conforman el *Tier 3*, establecidos en marzo de 2014, y cuyo inicio se dio con los vehículos año modelo 2017, y al igual que sus antecesores, se trata de una implementación progresiva cuya conclusión se dará en 2025. En esta ocasión, se da una convergencia con los estándares californianos. Los estándares *Tier 3* se visualizan en la Tabla 1. Estándares de emisiones para vehículos ligeros de acuerdo al Tier 3.

Tabla 1

Estándares de emisiones para vehículos ligeros de acuerdo al Tier 3\*.  
(Unidades en gpm)

Certificación	NMOG+NOx	MP	CO	HCHO
Bin 0	0	0	0	0
Bin 20	0.02	0.003	1	0.004
Bin 30	0.03	0.003	1	0.004
Bin 50	0.05	0.003	1.7	0.004
Bin 70	0.07	0.003	1.7	0.004
Bin 125	0.125	0.003	2.1	0.004
Bin 160	0.16	0.003	4.2	0.004

Fuente: EPA (2014)

\*Los valores son válidos para un periodo de vida útil de 150,000 millas

En la tabla 1 podemos visualizar los límites permisibles que deben cumplirse para 2025 de emisiones como los NOx, los cuales se consideran en conjunto con las emisiones de gases orgánicos sin metano (NMOG), además del MP, CO y el formaldehído (HCHO). Los NMOG contribuyen a la formación de ozono, y smog, mientras que el HCHO irrita los pulmones, además de ser un cancerígeno de acuerdo al EPA (2019). Los fabricantes pueden categorizar sus productos en algunas de las certificaciones que ofrece el EPA, considerando que para el caso de las emisiones de NMOG+NOx, sus respectivas flotas, es

decir, toda la producción correspondiente a un año modelo, debe lograr el promedio acordado, que año tras año se vuelve más restrictivo como se muestra en la tabla 2. Retomando la tabla 1, se visualiza la existencia del *bin 0*, certificación orientada a vehículos eléctricos, y que como se puede inferir a partir de la Tabla 2. Progresión en la aplicación de estándares de NMOG+NOx promedio para las flotas. La introducción de este tipo de vehículos al portafolio de productos de las empresas del sector les será beneficioso para lograr los promedios que exige el EPA.



## II Seminario de Investigación en Economía: Sustentabilidad y Nanotecnología



Tabla 2

Progresión en la aplicación de estándares de NMOG+NOx promedio para las flotas  
(Unidades en gpm)

	Año modelo								
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
<b>VL/CL1*</b>	.086	0.079	0.072	0.065	0.058	0.051	0.044	0.037	0.030
<b>CL2,3,4 y VPM**</b>	0.101	0.092	0.083	0.074	0.065	0.056	0.047	0.038	0.030

Fuente: EPA (2014)

\*Vehículos y camiones ligeros con un peso bruto de hasta 6,000 libras (2721 kg)

\*\*Vehículos y camiones ligeros con un peso bruto superior a 6000 libras pero inferior a 8,500 para el caso de los camiones, o 10,000 libras (4535 kg) para los vehículos de uso medio.

Por último, el sector energético también es regulado a través del *Tier 3*, al exigir que la gasolina comercializada en territorio estadounidense cuente con un contenido de azufre de 10 partículas por millón (ppm),

cuando anteriormente se permitía un contenido de 30 ppm (EPA, 2014). Esto para asegurar que el catalizador posea un mayor periodo de vida útil.

### ESTÁNDARES CAFE

El año de 1970 no sólo vio el nacimiento del EPA, encargada de los temas medioambientales en la nación estadounidense, también se creó la Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en las Carreteras (NHTSA, por sus siglas en inglés), institución que se encarga de establecer los estándares de seguridad de los vehículos comercializados en Estados Unidos. No obstante, esta institución, con apoyo del EPA, establece los estándares de Economía de Combustible Promedio Corporativa (CAFE, por sus siglas en inglés), de manera que haya concordancia con ambos estándares, considerando que las nuevas medidas de seguridad que se exigen, tienen incidencia sobre el consumo de combustible, al incrementar el peso de los vehículos.

Estos estándares se establecieron por primera vez en la década de los años 70 en el contexto de la crisis petrolera, con la intención de que Estados Unidos disminuyera su dependencia al petróleo importando, al

establecer límites al consumo de combustible. En la actualidad estos estándares se centran en la disminución de gases de efecto invernadero, y esperan lograr que la economía de combustible promedio para 2025 sea de 55.3 millas por galón (MPG), que equivale a 23.5 kilómetros por litro (KML) (Sen, Noori y Tatari, 2017), aunque estos pueden ser ajustados acorde a la viabilidad de la meta. En este contexto, al igual que lo acontecido con los niveles óptimos de emisiones de acuerdo al EPA, los estándares CAFE se vuelven más exigentes año tras año, otorgando “créditos” a aquellas empresas cuyas flotas logran un valor por debajo del objetivo, o bien, en caso de no cumplir con los estándares del año acordado, habrá una penalización monetaria, la cual puede ser evitada utilizando los créditos que obtuvieron en años pasados (NHTSA, s/f), de manera que la introducción de vehículos verdes también resulta beneficiosa para las automotrices en este escenario.



## II Seminario de Investigación en Economía: Sustentabilidad y Nanotecnología



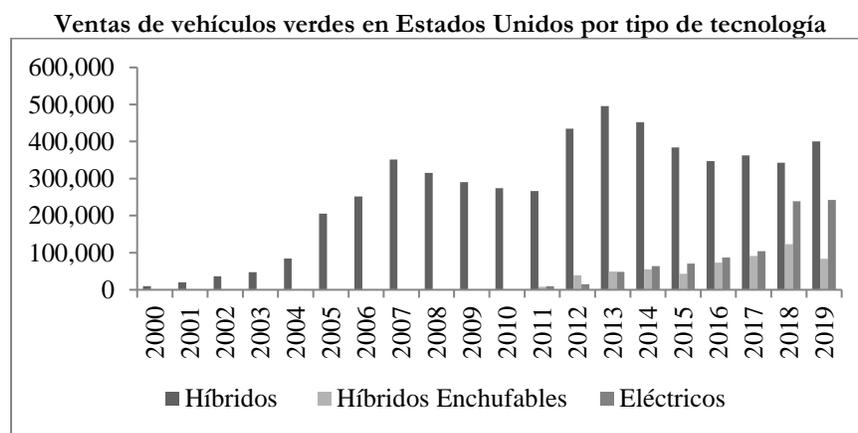
### TRAYECTORIA TECNOLÓGICA Y LA ADOPCIÓN VERDE EN ESTADOS UNIDOS

Hasta ahora se ha señalado que las medidas implementadas por el EPA y la NHTSA sirven de incentivos para que las empresas del sector automotriz introduzcan vehículos verdes para lograr los valores promedio objetivo tanto en materia de emisiones, como en consumo de combustible. No obstante, también debe aclararse que esta inducción de innovaciones no sólo se enfoca a la utilización de electricidad o hidrógeno para la propulsión de los vehículos, dado el contexto de transición energética en el que se halla, aún no es posible determinar cuándo será el desfase total del petróleo, por ello aún se realizan innovaciones incrementales a los motores de combustión interna, algunos ejemplos los hallamos en la introducción de computadoras, que permitieron la sustitución del carburador por sistemas de inyección directa, que a través de diversos sensores, permiten la optimización de la cantidad de combustible empleada en el proceso de combustión, la desactivación de cilindros, las nuevas transmisiones con múltiples marchas, o el apagado automático momentáneo del motor cuando se llega a un alto total, éstas son otras tecnologías que se han introducido en los últimos años en aras de disminuir consumos y emisiones, aunque también destaca la implementación de la técnica del *downsizing*, que consiste en la sustitución de motores de gran cilindraje, por

otros de menor tamaño, implementando sistemas de sobrealimentación como el turbocompresor o un supercargador para no sacrificar el desempeño. Lo anterior no sólo aplica para el caso norteamericano, también se visualiza en el ámbito europeo.

Aclarada la cuestión de la trayectoria tecnológica en relación a los motores de combustión interna, y una vez descritos los incentivos por parte de las instituciones estadounidenses para que las empresas oferten productos con tecnologías orientadas a la disminución de emisiones, se da paso a los incentivos otorgados al consumidor para realizar una transición a las energías limpias. Así, a nivel federal se encuentran principalmente los créditos fiscales, aplicables desde 2010 para vehículos eléctricos, o híbridos enchufable, siendo el monto del crédito por hasta \$7,500 dólares. Al respecto, Narassimhan y Johnson (2018) concluyen que tanto los incentivos fiscales, como la disponibilidad de estaciones de carga son los factores determinantes para la adquisición de este tipo de vehículos, aunque también señalan que los descuentos son más efectivos que los incentivos fiscales, y además, en general, tanto los créditos fiscales como los descuentos tienen mayor impacto sobre las ventas de vehículos eléctricos, que en aquellos que utilizan tecnologías híbridas.

Gráfica 2



Fuente: Elaboración propia con datos del BTS (2020)



## II Seminario de Investigación en Economía: Sustentabilidad y Nanotecnología



Por último, la Gráfica 2. Ventas de vehículos verdes en Estados Unidos por tipo de tecnología, muestra la evolución que han presentado las ventas de vehículos verdes en Estados Unidos desde sus respectivas introducciones: 1999 para los híbridos convencionales que utilizan tanto un motor de combustión interna, como uno eléctrico; 2010 para los híbridos enchufables, cuyo rango de autonomía completamente eléctrica es mayor, pero sus baterías deben ser recargadas a través de una estación de carga y 2011 para los

vehículos completamente eléctricos. Para el año 2019, las ventas totales de vehículos híbridos fueron de 400,700 unidades, mientras que las ventas de híbridos enchufables y eléctricos fueron de 83,800 y 242,000 unidades respectivamente, que en su conjunto suman 726,500 vehículos verdes comercializados, que equivalen al 4.1% de las ventas totales de vehículos ligeros en Estados Unidos de acuerdo a la Oficina de Estadísticas de Transporte, o BTS por sus siglas en inglés (2020).

### EVOLUCIÓN DE LA NORMATIVA EUROPEA

Al describir la evolución de la normativa estadounidense se hacía mención del papel que jugó la empresa británica Johnson Mantthey, que después de mostrar su catalizador, el EPA decidió brindarles su apoyo para que las automotrices con operaciones en el país norteamericano adoptaran esta tecnología en la década de los 70. Se retoma esta cuestión, debido a que curiosamente Johnson Mantthey no obtuvo apoyo por parte de su propio gobierno, dado que en los años 70 no se consideraba que los problemas de polución del aire en el Reino Unido estuvieran al nivel de lo presentado en algunas ciudades de Estados Unidos como Los Ángeles, en California, de manera que al obligar a empresas británicas a emplear catalizadores para los productos de exportación, se creía que afectaría la competitividad de éstas (Acres y Harrison, 2004).

Lo anterior resulta relevante, debido a que la normativa europea moderna, aunque ha presentado una evolución similar a la normativa estadounidense, anteriormente se caracterizaba por su relativo rezago en los diferentes países europeos, situación que cambió en 1992 en el marco de la conformación de la Unión Europea, donde se homogenizaron las medidas que aplicarían los países miembros. En esta región, cualquier regulación es desarrollada y ejecutada por instituciones como el Parlamento Europeo, el Consejo Europeo y la Comisión Europea. La normativa europea es denominada como *Euro*, y en la Tabla 3. Inicio de la aplicación de la respectiva normativa Euro, se visualizan las fechas en las cuales iniciaron la aplicación de estándares para vehículos ligeros, que son aquellos con una masa inferior a 2610 kg.

Tabla 3

Inicio de la aplicación de la respectiva normativa Euro

Normativa	Nuevos registros	Registros previos
Euro I	Julio 1992	Enero 1993
Euro II	Enero 1996	Enero 1997
Euro III	Enero 2000	Enero 2001
Euro IV	Enero 2005	Enero 2006
Euro V	Septiembre 2009	Enero 2011
Euro VI	Septiembre 2014	Septiembre 2015

Fuente: DieselNet (2019)



## II Seminario de Investigación en Economía: Sustentabilidad y Nanotecnología



La primera columna de la tabla 3 corresponde a la fecha que debían acatar las empresas para los nuevos productos que llegaban al mercado, en cambio, la segunda columna señala la fecha a la cual debían adecuarse los productos que ya estaban en venta previo al establecimiento de la nueva normativa. Centrándonos en la normativa Euro VI, se presentan los límites permisibles en la tabla 4. Debido a que la clasificación de

vehículos en Europa es más extensa con respecto a la norteamericana, la Tabla 4. Estándares de emisiones para vehículos M1 de acuerdo al Euro VI según combustible, sólo contempla los valores correspondientes a los vehículos de pasajeros (M1), que son aquellos diseñados para transportar gente, y equipan no más de 8 asientos, además del correspondiente al conductor.

Tabla 4

Estándares de emisiones para vehículos M1 de acuerdo al Euro VI según combustible  
(Unidades en gpkm)

Combustible	CO	HC	NMHC	NO <sub>x</sub>	HC+NO <sub>x</sub>	MP	Partículas*
Gasolina	1	0.1	0.068	0.06	-	0.005	6x10 <sup>11</sup>
Diésel	0.5	-	-	0.08	0.17	0.005	6x10 <sup>11</sup>

Fuente: *European Commission* (2020)

\*Las unidades en este caso corresponden al número de partículas emitidas.

En la tabla 4 destaca el hecho de que los estándares están condicionados según el tipo de combustible empleado, esto se puede adjudicar en primera instancia a las diferencias en las propiedades químicas y en el proceso de combustión, que favorece a que los motores que operan con diésel emitan más NO<sub>x</sub>, pero menos CO. En segundo lugar, el consumidor europeo es más propenso a adquirir vehículos diésel, a diferencia de otros mercados donde este combustible es más bien relegado a vehículos pesados como autobuses, al respecto, Hooftman et al. (2018) atribuyen esta predisposición por adquirir vehículos a diésel a los altos costos que presentan los combustibles en aquella región, producto de impuestos, siendo la gasolina la más afectada, además señalan que la popularidad del diésel en Europa, es una de las razones por las cuales la normativa local es más laxa en lo que respecta a los niveles de NO<sub>x</sub> comparada a la estadounidense, donde no se realiza distinción entre tipos de combustible.

No obstante, un aspecto donde la normativa europea resulta más exigente a la norteamericana, es la cuestión de las partículas producidas en el proceso de combustión, no sólo el MP, puesto que la tecnología de inyección directa de combustible en los

motores de gasolina aunque ha logrado mejorar su eficiencia y disminuir las emisiones de gases en comparación con la tecnología de inyección en puerto, tiene la desventaja de producir más partículas, logrando niveles similares al de los motores diésel, los cuales están sujetos al uso de filtros de partículas en su sistema de escape (Wang et al., 2014). Por ello, la normativa Euro VI contempla que las limitaciones a las emisiones de éstas sean las mismas tanto para vehículos de gasolina como diésel, anteriormente, bajo la normativa Euro V, sólo los segundos estaban sujetos a un límite de 6x10<sup>11</sup> partículas por kilómetro recorrido, sin embargo, se proporcionó un periodo de 3 años para que las automotrices pudieran ajustar sus productos a estos nuevos estándares (Williams y Minjares, 2016).

Ante este escenario, en Europa ha sido común que los nuevos productos del sector automotriz que operan con gasolina adopten la tecnología de los filtros de partículas que anteriormente sólo eran visualizadas en mecánicas diésel. Siendo Mercedes Benz la primera empresa en adoptar este sistema en su motor M278 en 2014, con la expectativa de extender de uso conforme su gama de productos se renueve (Lanzerath, Wunsch y Schön, 2017). Antes de dar paso al siguiente



## II Seminario de Investigación en Economía: Sustentabilidad y Nanotecnología



apartado, se debe mencionar que al igual que Estados Unidos, existe un organismo que mide cuán seguro son los vehículos de acuerdo a pruebas y estándares definidos por éste, no obstante, en este caso, el Euro-NCAP

(European New Car Assessment Programme, por sus siglas en inglés) no tiene capacidad para establecer los niveles óptimos de consumo de combustible.

### ADOPCIÓN VERDE EN EUROPA

La postura europea en relación a la transición energética ha sido interesante, pero también diversa. A nivel regional no existen incentivos homogéneos, de manera que la adopción de vehículos verdes está en función de las acciones que cada país miembro de la Unión Europea adopte, como lo son la instalación de estaciones de carga públicas, subsidios, o excepciones de impuestos. Al respecto, Broadbent, Drozdewski y Metternicht (2017) realizan una compilación de trabajos que tratan el tema de la adopción de este tipo de tecnologías en Europa y Estados Unidos. Por cuestiones de limitantes en la extensión de este escrito, sólo se mencionan los dos casos más representativos de este estudio, que muestran la importancia de disminuir la diferencia de precios entre los vehículos de combustión interna y aquellos propulsados por electricidad en su totalidad o de manera parcial (híbridos),

dado que en el caso de Noruega, en 2016 las ventas de este tipo de vehículos representaron casi el 30% del total, gracias a las políticas adoptadas por el gobierno en turno que han permitido que los precios sean equiparables a los de un vehículo que emplean combustibles fósiles. Otro caso que parece sustentar esta hipótesis se halla en el caso de Dinamarca, donde las ventas de vehículos verdes representaron el 2.39% del total en 2015, porcentaje que bajó a 0.63% en 2016 derivado de reimponer un impuesto al registro de la unidad.

Países como Francia, Alemania, Italia, Grecia, Suecia, España, Luxemburgo, Países Bajos, Finlandia y el Reino Unido (que ya no forma parte de la Unión Europea), ofrecen subsidios en la adquisición de este tipo de tecnologías.

### LA NORMATIVA DE EMISIONES MEXICANA

Tabla 5

Normativa de emisiones mexicana vigente NOM-042-SEMARNAT-2003\*  
(Unidades en g/km)

Estándar	Clase	CO		NMHC		NO <sub>x</sub>		MP	
		Gasolina, Gas L.P. y natural	Diésel 1	Gasolina, Gas L.P. y natural	Diésel	Gasolina, Gas L.P. y natural	Diésel	Gasolina, Gas L.P. y natural	Diésel
A	VP	2.11		0.156		0.25	0.62	-	0.050
	CL1 y VU								
	CL2 y VU	2.74		0.200		0.44	0.62	-	0.062
	CL3 y VU							-	
CL4 y VU	3.11		0.240		0.68	0.95	-	0.075	
	VP	2.11		0.099		0.249		-	0.050
	CL1 y VU							-	



## II Seminario de Investigación en Economía: Sustentabilidad y Nanotecnología



<b>B</b>	CL2 y VU				-	0.062
	CL3 y VU	2.74	0.121		-	
	CL4 y VU				-	0.075
<b>C</b>	VP	2.11	0.047	0.068	-	0.050
	CL1 y VU				-	
	CL2 y VU				-	0.062
	CL3 y VU	0.087	0.124	-		
	CL4 y VU			-	0.075	

**Fuente:** PROFEPA (2005)

\*Los valores tienen una validez para un periodo de vida útil de 80,000 km.

**VP:** Vehículo de pasajeros, que sea automóvil o derivado que transporte hasta 10 personas.

**CL1 y CL2:** Camión ligero con peso bruto de 2,722 kg.

**CL3 y CL4:** Camión ligero con peso bruto superior a 2,722 kg pero inferior a 3,857 kg.

Los niveles óptimos de emisiones para el contexto mexicano son establecidos por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). En 1988 se estableció la primera normativa para vehículos ligeros a través de la NOM-042-ECOL-1993, basada en los límites estadounidenses de 1981 y cuya implementación inició para los vehículos año modelo 1993, obligando que los vehículos comercializados en México hicieran uso del catalizador en su sistema de escape.

En 2003 la NOM-042 fue actualizada, tomando como base los *Tier 1* y *2* estadounidenses, así como los estándares europeos EURO III y IV. Siendo efectivos a partir de los vehículos año modelo 2004. Similar a lo acontecido en Estados Unidos y Europa, se brinda un periodo de tiempo para que las empresas del sector adecuen sus productos en función de los nuevos estándares, ofreciendo límites temporales, como se visualiza en la Tabla 5. Normativa de emisiones mexicana vigente NOM-042-SEMARNAT-2003. En el caso del estándar A, para los vehículos año modelo 2007 se requería que máximo el 75% de las respectivas flotas

automotrices se alinearan con estos límites, mientras que el 25% restante debía cumplir los estándares B; para 2008 los porcentajes se fijaban en 50% para ambos; en 2009 30% y 70% de manera que para el año modelo 2010 todos los vehículos comercializados en México cumplieran el estándar B.

Respecto al estándar C, se estableció que se implementaría una vez que se ofertara a nivel nacional gasolina y diésel con bajo contenido en azufre, que corresponde a 30 ppm para el caso de la gasolina, mientras que el valor aceptable para el diésel, es de 15 ppm. Al igual que con el estándar B, se fija una fase de implementación, requiriendo que para el primer año el 25% de la flota comercializada se ajuste a este estándar; 50% en el segundo año; 70% para el tercer año y 100% en el cuarto año. Al respecto, la NOM-016-CRE-2016 establece que la comercialización de combustibles bajos en azufre está asegurada a partir de 2019, de manera que los estándares C serán implementados en su totalidad en 2023, es decir 20 años después de su establecimiento.



## II Seminario de Investigación en Economía: Sustentabilidad y Nanotecnología



### ADOPCIÓN VERDE EN MÉXICO

El primer vehículo verde comercializado en México llegó de la mano de Honda, con la introducción del Civic Híbrido para el año modelo 2006. En otros mercados, este título lo ostenta el Toyota Prius, el primer híbrido de producción masiva que salió a la venta a finales de 1997. Por otro lado, aunque en años pasados ya habían existido intentos por introducir vehículos eléctricos al mercado, estos se caracterizaban por el sistema de arrendamiento al que estaban sujetos, imposibilitando que el usuario fuera el dueño, además de que sus rangos de autonomía eran limitados para estándares actuales, de manera que el primer vehículo eléctrico moderno que llegó al mercado fue el Nissan Leaf a finales del 2010, y cuya comercialización en México inició en 2014.

Ahora bien, a diferencia de la normativa estadounidense, la mexicana no tiene incentivos para que los fabricantes comercialicen vehículos completamente eléctricos, algo que se refleja en la oferta nacional, habiendo sólo 14 modelos a escoger hasta el mes de octubre del 2020. Por parte de los híbridos e híbridos enchufables, la cifra asciende a 28. Respecto a los precios, los modelos más accesibles tanto para los eléctricos como los híbridos, corresponden al Renault Twizy y Toyota Prius C con un valor de aproximadamente \$350,000 MXN. Del otro extremo visualizamos productos provenientes de marcas de lujo cuyo valor puede llegar a equivaler 6 o más veces el monto de los ejemplos señalados anteriormente.

En relación a los incentivos para la adquisición de este tipo de vehículos, a nivel nacional se excluye el pago del Impuesto Sobre

Automóvil Nuevo (ISAN). A nivel estatal, de aplicarse, estos autos están exentos del pago de tenencia, igualmente, en entidades donde se implementan programas de verificación de emisiones, por obvias razones los vehículos eléctricos quedan exentos de dicha revisión. Por su parte, en el caso de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), además de exentar el proceso de verificación de emisiones, los autos eléctricos no son afectados por el programa Hoy No Circula, el cual limita la circulación de una parte del parque vehicular de la zona en función de la terminación de la matrícula, y el holograma obtenido durante la verificación vehicular, mientras que en el caso de los híbridos, estos quedan exentos por un periodo de 8 años, con posibilidad de renovación para un segundo término de acuerdo a la Secretaría del Medio Ambiente (SEDEMA) (s/f).

Otro incentivo importante, el cual ha sido mencionado para el caso estadounidense y europeo corresponde a las estaciones de carga disponible, donde se presentan diferencias marcadas, puesto que en ciudades grandes ya existen estaciones de carga públicas en los estacionamientos de centros comerciales, mientras que para el contexto zacatecano, de utilizar la herramienta de búsqueda de este tipo de estaciones que ofrece *Google Maps*, se pueden visualizar en el Mapa 1. Ubicaciones de las estaciones de carga en el estado de Zacatecas, las 6 ubicaciones disponibles, 4 de ellas situadas en hoteles, y las 2 restantes en concesionarios automotrices de Nissan, distribuidas en los municipios de Fresnillo, Zacatecas y Guadalupe.

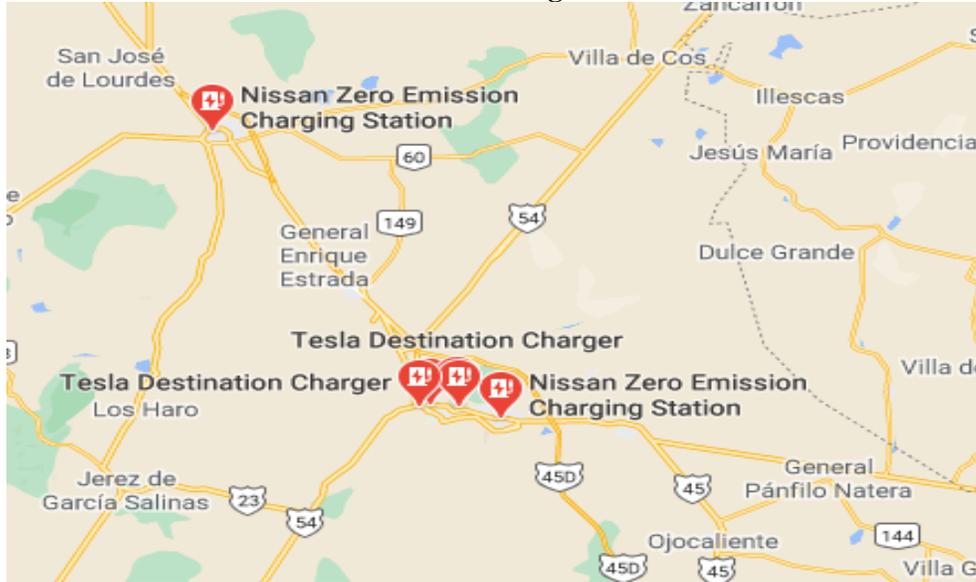


## II Seminario de Investigación en Economía: Sustentabilidad y Nanotecnología



Mapa 1

### Ubicaciones de las estaciones de carga en el estado de Zacatecas



Fuente: Google LLC. (2020)

La Gráfica 3. Ventas de vehículos verdes en México por tipo de tecnología, muestra el comportamiento que ha presentado la adopción de vehículos verdes en México, donde visualizamos que las ventas de los vehículos híbridos muestran una tendencia creciente, aunque atribuible quizás al hecho de la falta de incentivos económicos, se visualiza que las ventas de los vehículos eléctricos se han estancado desde que se tiene registro por parte del Instituto Nacional de Estadística y

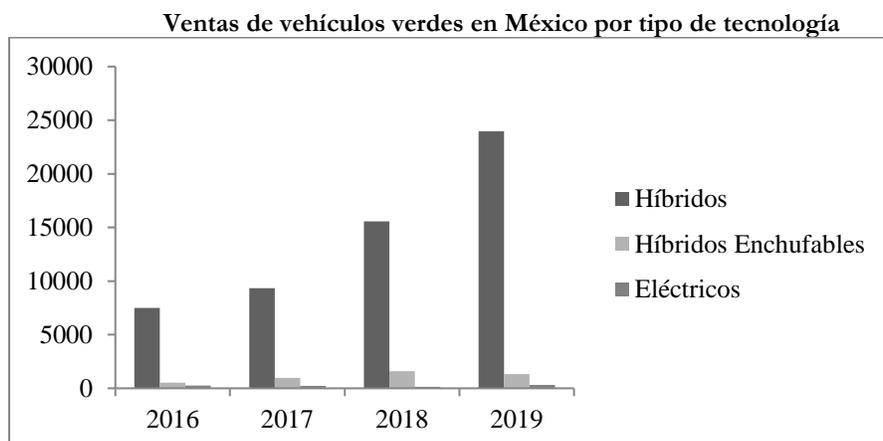
Geografía (INEGI) (2020). Considerando que en 2019 se comercializaron en total 1,317,727 unidades, los 25,608 vehículos verdes vendidos en ese mismo periodo, equivalen al 1.94% del total, inferior al 4% logrado en Estados Unidos, donde además, las ventas de vehículos completamente eléctricos presenta un comportamiento ascendente, mientras que las ventas de híbridos tienden a la baja, situación que no se presenta en nuestro país.



## II Seminario de Investigación en Economía: Sustentabilidad y Nanotecnología



Gráfica 3



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2020)

### CASO DIESELGATE

Para finalizar, es conveniente mencionar brevemente el caso *Dieseldgate* que se suscitó a finales del 2015 y tuvo al grupo Volkswagen en su epicentro, al descubrirse que parte de los vehículos diésel comercializados por el conglomerado empresarial presentaban niveles de emisiones muy por arriba de los permisibles de acuerdo a las diferentes normativas. Esta práctica llevaba cometiéndose de forma secreta desde 2007 a través de un *software*, el cual mediante diversos sensores detectaba cuándo el vehículo se hallaba en una prueba de emisiones, para ajustarse a los límites establecidos, pero una vez que el auto regresaba a las calles, y para ejemplificar, las emisiones de NOx llegaban a ser hasta 40 veces mayores a las permitidas en la Unión Europea y Estados Unidos para no sacrificar desempeño y economía de combustible, que a su vez permitía al grupo Volkswagen comercializar sus vehículos diésel como amigables para el medio ambiente (Tidwell, 2018).

En total, 11 millones de vehículos comercializados por el grupo Volkswagen, o bien, que portaban una motorización proveniente de este conglomerado, presentaban este *software*, y las reacciones no se hicieron esperar, en Estados Unidos, las ventas de vehículos afectados se suspendieron de

manera inmediata, para los dueños afectados, se les ofreció la posibilidad de tener su unidad recomprada, o bien, recibir una actualización de *software* para que el auto cumpla con las estándares establecidos por el EPA. Respecto a las multas y compensaciones monetarias, el monto total asciende a 4.3 mil millones dólares (EPA, 2019b).

Para el caso europeo, Alemania, país donde ubica la matriz, Volkswagen tuvo que pagar una multa de mil millones de euros, mientras que Audi, que forma parte del grupo, desembolsó 800 millones de euros, en Países Bajos el monto de la multa fue de 450,000 euros y en Italia 5 millones de euros (European Court of Auditors, 2019).

Por último, en México, la SEMARNAT a través de la PROFEPA impuso una multa por 168 millones de pesos a inicios de 2016, no obstante, no está vinculado al caso *Dieseldgate*, sino al hecho de que poco más de 45 mil vehículos 2016 comercializados por el grupo Volkswagen en México no contaban con los certificados de cumplimiento de la NOM-042-SEMARNAT-2003 y NOM-079-SEMARNAT-1994, que establece los límites de ruido (PROFEPA, 2016). El comunicado recién citado menciona que la SEMARNAT en colaboración con el Instituto Mexicano del



## II Seminario de Investigación en Economía: Sustentabilidad y Nanotecnología



Petróleo, iniciaron una investigación contra los vehículos que pudieran poseer el *software* que burla los estándares de emisiones, sin que hasta la fecha se haya dado una resolución. No obstante, se debe mencionar que los vehículos cuya comercialización fue suspendida en

Estados Unidos, fueron enviados a nuestro país para venderse como seminuevos dado que cumplen con los estándares laxos de nuestra nación, según menciona el portal especializado en la venta de vehículos usados Solo Autos (2017).

### RESULTADOS

Tabla 6

Comparativa entre las normativas aplicadas en los países estudiados

	EUA	Europa	México
Año de última actualización	2017	2014	2004
Contemplan los vehículos eléctricos	Sí	No	No
Distinguen por tipo de combustible	No	Sí	Sí
Impone la instalación de filtro de partículas en motores a gasolina	No	Sí	No
Sancionaron al Grupo VW ante el caso <i>Dieselgate</i>	Sí	Sí	No

La Tabla 6. Comparativa entre las normativas aplicadas en los países estudiados, resume las características de legislación vigente en las naciones tratadas en este trabajo, en primer lugar se percibe el rezago en el contexto mexicano, puesto que la normativa vigente se actualizó por última vez en los primeros años del nuevo milenio, mientras que los estándares estadounidenses y europeos se establecieron en años recientes. Se debe señalar que tanto para Estados Unidos como en Europa, la transición hacia el *Tier 4* como al Euro VII se prevé de manera tentativa en 2025, en cambio, como ya se hizo mención, será hasta 2023 cuando México pueda implementar en su totalidad su normativa. Además, aunque Europa a diferencia de Estados Unidos contempla la introducción de vehículos cero emisiones en el mercado de manera que las automotrices puedan lograr los promedios de emisiones, en Europa las políticas que incentivan la adquisición de vehículos de bajas o nulas emisiones varían de acuerdo al país, es decir, no existe una política homogénea y aún no existe un consenso en relación a la prohibición del

uso de combustibles fósiles, en cambio en México, los vehículos verdes aún no están contemplados en la legislación actual.

Además, en Estados Unidos todos los vehículos están sujetos a los mismos límites sin importar si utilizan gasolina o diésel, a diferencia de Europa, donde las mecánicas diésel tienen mayor aceptación, aunque en el caso de México, esta distinción puede ser producto del hecho de que la normativa está basada parcialmente en los parámetros europeos del Euro III y IV, no obstante, Europa recientemente ha comenzado a exigir el uso de filtros de partículas en los vehículos que operan con gasolina, cuya implementación no es necesaria en Estados Unidos, puesto que la normativa al respecto no es tan exigente como para justificar su uso, por último, destaca la inacción por parte del gobierno mexicano y sus instituciones encargadas al cuidado del medio ambiente en relación al escándalo que suscitó el caso *Dieselgate* en el sector automotriz, ya que mientras en Estados Unidos y Europa se impusieron multas multimillonarias, que además implicó una serie de juicios contra



## II Seminario de Investigación en Economía: Sustentabilidad y Nanotecnología



ejecutivos del grupo Volkswagen, en México gracias a su normativa laxa, permitió que el inventario cuya comercialización fue prohibida

en Estados Unidos, fuera importada a nuestro país para su puesta en venta.

### CONCLUSIONES

Los niveles de polución en el aire de las grandes ciudades fungieron como punto de partida de la discusión en la regulación de las fuentes emisoras de contaminación, que derivaron en los primeros estándares de emisiones para los vehículos comercializados en Estados Unidos, medidas que fueron adoptadas eventualmente en otros países, como en el caso de los miembros de la Unión Europea, así como México a comienzos de los 90. Desde entonces, los límites establecidos en las respectivas normativas se vuelven cada vez más estrictos, orillando a que las empresas del sector constantemente inviertan recursos a actividades de I+D, además, al menos en el caso estadounidense, la normativa vigente prepara el camino a la movilidad de cero emisiones, al incentivar a las empresas del sector a ofrecer alternativas que utilicen de manera parcial o total la electricidad como fuente de energía, los incentivos del lado de la demanda a través de incentivos fiscales también han permitido que las tecnologías verdes penetren cada vez más el mercado norteamericano, de manera que se puede señalar que las acciones institucionales han sido exitosas, donde el caso del *Dieseltgate* y sus efectos, podrían servir de ejemplo para que ninguna otra empresa opte por burlar el sistema.

Del lado europeo, la respuesta es variada, pues no existe una política homogénea que aplique por igual a todos los países miembros de la Unión Europea, no obstante, el caso de Noruega parece ser un indicador de que, si la diferencia entre los precios de los vehículos convencionales de combustión interna, y las alternativas limpias fuera mínima, la gente estaría dispuesta a realizar la transición al uso de energías que no emitan contaminantes.

Por último, en México la reacción de las instituciones ha sido lenta e insuficiente, y se ha mantenido como una constante, considerando que la adopción obligatoria del catalizador se dio 17 años después al del contexto estadounidense, y en la actualidad, nuestra normativa en turno, la cual está basada en los estándares establecidos en Estados Unidos y la Unión Europea en los primeros años del siglo en turno, apenas logrará concretarse en su totalidad en 2023, es decir, 20 años después de su establecimiento, lo anterior, es atribuible en parte al sector energético, al no poder proveer combustible con la pureza necesaria que permitan adoptar estándares más exigentes. Durante este periodo de tiempo las normativas norteamericanas y europeas se han actualizado y requieren la implementación de dispositivos que permitan disminuir la cantidad de emisiones, tecnologías de las cuales pueden prescindir las empresas del sector automotriz al momento de colocar sus productos en territorio mexicano, o bien, como sucedió con el *Dieseltgate*, las empresas pueden quedar exentas de sanciones. Además, las medidas adoptadas para incentivar la transición a la movilidad verde resultan mínimas comparadas a las realizadas en otras naciones, pues se limitan a la exención de impuestos o del pago de una prueba de emisiones, o bien, en el caso de la ZMVM, adquirir un vehículo de este tipo elimina cualquier restricción a la circulación diaria, sin que realmente existan medidas para disminuir el precios de estos de manera significativa. Y para concluir, en entidades pobres como la zacatecana, esto no representa una urgencia, puesto que las estaciones disponibles están pensadas para ser utilizadas por turistas que vienen de paso, y no por la población misma, la cual en general no cuenta con el poder adquisitivo para adquirir un vehículo último modelo.



## II Seminario de Investigación en Economía: Sustentabilidad y Nanotecnología



### BIBLIOGRAFÍA

- Acres, G. J. K., & Harrison, B. (2004). The Development of Catalysts for Emission Control from Motor Vehicles: Early Research at Johnson Matthey. *Topics in Catalysis*, 28(1), 3–11. <https://doi.org/10.1023/B:TOCA.0000024329.85506.94>
- Lanzerath, P., Wunsch, R., & Schön, C. (2017). The first series-production particulate filter for Mercedes-Benz gasoline engines, 851–865. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-16988-6\\_68](https://doi.org/10.1007/978-3-658-16988-6_68)
- BTS. (2020). Hybrid-Electric, Plug-in Hybrid-Electric and Electric Vehicle Sales. Recuperado el 18 de octubre de 2020, de Hybrid-Electric, Plug-in Hybrid-Electric and Electric Vehicle Sales
- Carley, S., Ziropiannis, N., Siddiki, S., Duncan, D., & Graham, J. D. (2019). Overcoming the shortcomings of U.S. plug-in electric vehicle policies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 113(April 2018), 109291. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109291>
- Coase, R. H. (1960). The problem of social evaluation. *Journal of Law and Economics*, 3(2), 1–44. Recuperado de <https://www2.econ.iastate.edu/classes/tsc220/hallam/Coase.pdf>
- DieselNet. (2019). Emissions Standards: EU Cars and Light Trucks. Recuperado el 20 de octubre de 2020, de <https://dieselnet.com/standards/eu/ld.php>
- EPA. (2014). Control of Air Pollution From Motor Vehicles: Tier 3 Motor Vehicle Emission and Fuel Standards. *Federal Register*, 79(81), 23414–23886. Recuperado de <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2014-04-28/pdf/2014-06954.pdf>
- EPA. (2019a). Green Vehicle Guide - Light Duty Vehicle Emissions. Recuperado el 10 de octubre de 2020, de <https://www.epa.gov/greenvehicles/light-duty-vehicle-emissions>
- EPA. (2019b). Volkswagen Violations. Recuperado de <https://www.epa.gov/vw/learn-about-volkswagen-violations>
- European Commission. (2020). REGULATION (EC) No 715/2007 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL. Recuperado el 21 de octubre de 2020, de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32007R0715>
- European Court of Auditors. (2019). The EU's response to the “dieselgate” scandal, (February), 2–49.
- Ferrari, L. (2016). La difícil transición hacia un mundo pospetrolero. La transición energética y el desarrollo de energías alternas, (May 2016), 27–33. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/313599561\\_La\\_dificil\\_transicion\\_hacia\\_un\\_mundo\\_pospetrolero](https://www.researchgate.net/publication/313599561_La_dificil_transicion_hacia_un_mundo_pospetrolero)
- Google LLC. (s/f). Google Maps: EV Charging Stations. Recuperado el 23 de octubre de 2020, de <https://www.google.com.mx/maps/search/ev+charging+stations/@22.8422444,-103.0571887,9z>
- Hall, C. A. S., Lambert, J. G., & Balogh, S. B. (2014). EROI of different fuels and the implications for society. *Energy Policy*, 64, 141–152. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.05.049>
- Hooftman, N., Messagie, M., Van Mierlo, J., & Coosemans, T. (2018). A review of the European passenger car regulations – Real driving emissions vs local air quality. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 86(January), 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.01.012>
- INEGI (2020). INEGI: Venta de vehículos híbridos y eléctricos por entidad federativa. Recuperado el 23 de octubre de 2020, de [https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/pxwebv2/pxweb/es/RAIAVL/RAIAVL/RAIAVL\\_11.px/table/tableViewLayout2/](https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/pxwebv2/pxweb/es/RAIAVL/RAIAVL/RAIAVL_11.px/table/tableViewLayout2/)
- Jaffe, A. B., Newell, R. G., & Stavins, R. N. (2001). Environment Technological Change and the Environment, (November). Recuperado de <http://www.nber.org/papers/w7970>
- Kuklinska, K., Wolska, L., & Namiesnik, J. (2015). Air quality policy in the U.S. and the EU - A review. *Atmospheric Pollution Research*, 6(1), 129–137. <https://doi.org/10.5094/APR.2015.015>



## II Seminario de Investigación en Economía: Sustentabilidad y Nanotecnología



- Lanzerath, P., Wunsch, R., & Schön, C. (2017). The first series-production particulate filter for Mercedes-Benz gasoline engines, 851–865. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-16988-6\\_68](https://doi.org/10.1007/978-3-658-16988-6_68)
- Narassimhan, E., & Johnson, C. (2018). The role of demand-side incentives and charging infrastructure on plug-in electric vehicle adoption: Analysis of US States. *Environmental Research Letters*, 13(7). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aad0f8>
- NHTSA. (s/f). CAFE Public Information Center. Recuperado el 17 de octubre de 2020, de [https://one.nhtsa.gov/cape\\_pic/cape\\_pic\\_home.htm#:~:text=CAFE Overview,miles per gallon \(mpg\).&text=Total credits are calculated as,vehicles produced for that fleet](https://one.nhtsa.gov/cape_pic/cape_pic_home.htm#:~:text=CAFE Overview,miles per gallon (mpg).&text=Total credits are calculated as,vehicles produced for that fleet)
- Nordhaus, W. D., Grübler, A., & Nakicenovic, N. (2002). Technological Change and the Environment. En *Technological Change and the Environment* (Primera Ed, pp. 259–290). Washington, D.C.: Resources for the Future. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/2f60/cbfc3dcf2538140bbf07f43cf7038b8af8c8.pdf/>
- Pigou, A. C. (1920). *The Economics of Welfare* (4ta Edición). Londres: Macmillan and Co.
- Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) (2005). NORMA Oficial Mexicana NOM-042-SEMARNAT-2003, 1–14.
- PROFEPA. (2016). Sanciona PROFEPA a Volkswagen México con 168 MDP por comercializar vehículos 2016 sin certificado de cumplimiento ambiental. Recuperado el 23 de octubre de 2020, de <https://www.gob.mx/profepa/prensa/sanciona-profepa-a-volkswagen-mexico-con-168-mdp-por-comercializar-vehiculos-2016-sin-certificado-de-cumplimiento-ambiental>
- SEDEMA. (s/f). Programas: Verificación Vehicular. Recuperado el 23 de octubre de 2020, de <https://sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/verificacion-vehicular>
- Sen, B., Noori, M., & Tatari, O. (2017). Will Corporate Average Fuel Economy (CAFE) Standard help? Modeling CAFE's impact on market share of electric vehicles. *Energy Policy*, 109(January), 279–287. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.07.008>
- SoloAutos. (2017). Los Volkswagen Golf TDI que no se vendieron en Estados Unidos ya están en SoloAutos con 0 kilómetros desde 255,000 pesos. Recuperado el 23 de octubre de 2020, de <https://soloautos.mx/noticias/detalle/los-volkswagen-golf-tdi-que-no-se-vendieron-en-estados-unidos-ya-estan-en-soloautos-con-0-kilometros-desde-255000-pesos/ED-LATAM-7775/>
- Tidwell, M. (2018). May I offer you a gift card? An analysis of Volkswagen's crisis response strategy in the wake of its Dieselgate scandal. *Dissertation Abstracts International Section A: Humanities and Social Sciences*, (April). Recuperado de [https://proxy.bc.edu/login?url=https%3A%2F%2Fsearch.proquest.com%2Fdocview%2F2042691805%3Faccountid%3D9673%0Ahttp://bc-primo.hosted.exlibrisgroup.com/openurl/BCL/services\\_page?url\\_ver=Z39.88-2004&rft\\_val\\_fmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:dissertation&genre=dissert](https://proxy.bc.edu/login?url=https%3A%2F%2Fsearch.proquest.com%2Fdocview%2F2042691805%3Faccountid%3D9673%0Ahttp://bc-primo.hosted.exlibrisgroup.com/openurl/BCL/services_page?url_ver=Z39.88-2004&rft_val_fmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:dissertation&genre=dissert)
- Wang, C., Xu, H., Herreros, J. M., Wang, J., & Cracknell, R. (2014). Impact of fuel and injection system on particle emissions from a GDI engine. *Applied Energy*, 132(2014), 178–191. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.06.012>
- Williams, M., & Minjares, R. (2016). Report: A technical summary of Euro 6/VI vehicle emission standards. The International Council on Clean Transportation. *The International Council on clean transportation*, (June), 1–12. Recuperado de [www.theicct.org](http://www.theicct.org)