



---

**Universidad de Valladolid**

FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES, JURÍDICAS Y DE LA  
COMUNICACIÓN

Grado en Administración y Dirección de Empresas

TRABAJO DE FIN DE GRADO

**Análisis econométrico de la evolución en las matriculaciones de  
automóviles eléctricos en la Unión Europea**

Presentado por Héctor Crespo García

Tutelado por Helena Corrales Herrero

Segovia, junio 2020



# ÍNDICE

<b>1. Introducción</b> .....	<b>5</b>
<b>2. Revisión de la literatura</b> .....	<b>6</b>
<b>3. Evolución del mercado del coche eléctrico en Europa</b> .....	<b>7</b>
3.1. Tipos de vehículos con propulsión eléctrica.....	8
3.2. Emisiones de CO <sub>2</sub> .....	8
3.3. Cambio en las ventas de automóviles.....	10
3.4. Ayudas en la compra de vehículos eléctricos .....	12
<b>4. Datos y metodología</b> .....	<b>14</b>
<b>5. Análisis descriptivo de las variables</b> .....	<b>17</b>
5.1. Variable dependiente .....	17
5.2. Variables independientes .....	18
<b>6. Modelo econométrico</b> .....	<b>21</b>
<b>7. Resultados y conclusiones</b> .....	<b>24</b>
<b>Bibliografía</b> .....	<b>26</b>



## 1. Introducción

En los últimos años, la preocupación por la contaminación del aire y el calentamiento global ha aumentado en todo el mundo. Actualmente con la situación del COVID-19, que ha provocado el confinamiento durante varios meses a escala mundial, se ha hecho visible que la movilidad de las personas afecta a las emisiones de CO<sub>2</sub>, ya que hemos podido observar durante esos meses una caída de las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas por los vehículos. Esto ha dejado en evidencia la necesidad de buscar soluciones para paliar el efecto negativo que produce la contaminación en el planeta.

El transporte es una de las principales vías de contaminación hoy en día en las ciudades. En concreto, el coche representa el 43,69% de la contaminación total que genera el transporte (Federación Europea de Transporte y Medioambiente, 2019). Por este motivo la Unión Europea (UE) decidió tomar medidas respecto a los automóviles con el objetivo de frenar la contaminación que se produce en las ciudades europeas más habitadas.

Desde el año 2009, la UE estableció una regulación en las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas por los nuevos coches fabricados. El cometido de esta nueva ley fue imponer a los fabricantes de automóviles una serie de limitaciones en las emisiones de CO<sub>2</sub> que podían generar sus productos, estableciendo objetivos anuales de obligado cumplimiento. Con esta nueva legislación los límites de contaminación se fueron reduciendo de forma gradual con el fin de llegar al objetivo de cero emisiones en unos años. Los fabricantes de automóviles, para cumplir con las medidas impuestas por la UE, necesitaron buscar nuevas alternativas tecnológicas. La solución adoptada fue utilizar la propulsión eléctrica como alternativa a los tradicionales motores de combustión.

Los coches eléctricos son la única forma de conseguir este objetivo, ya que a diferencia de los motores híbridos no producen ningún tipo de emisión de CO<sub>2</sub>. Uno de los problemas que poseen este tipo de vehículos es que a pesar de llevar ya unos años comercializándose sigue teniendo dificultades de acogida entre los consumidores por su alto precio de venta comparado con sus homólogos de motores tradicionales. A parte de otros inconvenientes como su corta autonomía que afecta a la movilidad de los usuarios.

Los gobiernos de todos los países de la UE sitúan al coche eléctrico como la mejor alternativa para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en las ciudades, es por esto que para conseguir su objetivo han creado una serie de ayudas con el cometido de romper la barrera de entrada que les supone a los consumidores decantarse por esta alternativa más eficiente.

El objetivo de este trabajo fue realizar un estudio sobre cuales podían ser las variables que afectan a la implantación del coche eléctrico como principal alternativa en el momento de la compra de un coche en Europa.

El estudio se llevó a cabo con 26 países de la UE a lo largo de un periodo de 9 años, 2010-2018. Para ello se analizaron diferentes factores a través de técnicas econométricas que nos permitieron ver si elementos como la renta de nacional de cada país, las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas por los nuevos automóviles fabricados o la infraestructura de cargadores eléctricos que ha ido desarrollando cada país durante el periodo observado eran importantes para el crecimiento de las matriculaciones de los coches eléctricos.

Para llevar a cabo este estudio se comienza comentando primero algunos trabajos importantes que han tratado los factores que afectan a la implantación del coche eléctrico, siguiendo con un esquema sobre la evolución que ha tenido el coche eléctrico en el mercado europeo. Posteriormente se explica cuales fueron los datos y metodología empleada en la estimación del

modelo con un breve análisis descriptivo de las variables. Y por último tras realizar las estimaciones, se comenta la conclusión a la que se llegó tras el trabajo realizado en todos los puntos anteriores.

## **2. Revisión de la literatura**

Aunque el coche eléctrico hoy en día sigue siendo una novedad en el mercado del automóvil, ya han sido varios los trabajos que han tratado sobre el tema de su implantación y de las ventajas que tiene respecto a los coches de motorizaciones tradicionales. A continuación, se van a nombrar una serie de trabajos que han resultado importantes a la hora de llevar a cabo este estudio.

Muchos de estos trabajos abordan el análisis a partir de un modelo básico de demanda para vehículos, como soporte teórico para fundamentar la especificación de un modelo econométrico como el que posteriormente se propone. La literatura empírica que ha desarrollado modelos de demanda para los vehículos se remonta a mediados del siglo XX. El trabajo iniciado por Chow (1957), que propuso una ecuación de demanda lineal para la demanda de vehículos como función de la renta, los precios y las ventas de periodos anteriores, fue posteriormente extendido por Berry *et al.* (1995), que generalizaron los modelos de demanda de vehículos expresando la función de utilidad del consumidor indirecta para un automóvil como función de las características de los individuos y del producto.

En esta línea, el trabajo realizado por Freire (2013) señala el importante efecto que tiene la fiscalidad en las ventas de automóviles. En el estudio se pone de relieve el hecho de que el establecimiento de nuevos impuestos a los automóviles más contaminantes es, entre otros factores, una de las causas del cambio en el tipo de coches vendidos. Concretamente, el autor a través de un modelo econométrico intenta dar una explicación de cuales son las variables que afectan a la venta de vehículos en España. Las variables que propone son: las matriculaciones de vehículos totales, los precios de los vehículos vendidos, la renta media de los compradores, los tipos interés de crédito, las emisiones de CO<sub>2</sub> de los vehículos en venta y, por último, el importe medio del impuesto de matriculación. La conclusión obtenida de esta estimación fue que el aumento del tipo impositivo sobre los vehículos más contaminantes afecta negativamente a la demanda de este tipo de vehículos, dando lugar a que el consumidor se decante por otras alternativas menos contaminantes.

Por el lado de la oferta, Tsakalidis (2018) analiza la situación del mercado de coches eléctricos durante el periodo 2010 - 2017. Señala como los fabricantes de automóviles han incrementado la variedad de vehículos eléctricos que ofrecen a medida que han ido aumentando las ventas de este tipo de vehículos. Además, de la participación que tienen los coches eléctricos en el mercado y que esta implantación del coche eléctrico ha provocado la necesidad de mejorar las infraestructuras de puntos de recarga en los países. Señalando así la necesidad de que la política europea se ajuste a las nuevas necesidades del mercado y de las innovaciones tecnológicas para conseguir un futuro sostenible.

Asimismo, Núñez y Arcos (2019) han realizado un análisis comparativo de la expansión del vehículo eléctrico en diferentes países. Estos autores construyen un modelo econométrico a partir de una variable tecnológica y de las infraestructuras de puntos de recarga que tenía cada país. El resultado mostró una gran diferencia entre los países con políticas que fomentan la creación de una red de cargadores y los que no. El número de cargadores eléctricos existentes en cada país es un factor relevante y significativo a tener en cuenta en la implantación del coche eléctrico.

A nivel europeo, la Asociación Europea de Fabricantes de Automóviles (ACEA) elaboró un informe (ACEA, 2018) que describe el cambio que se está dando en el sector de la automoción. En particular, aborda el tema de la economía y el mercado en la industria del automóvil en Europa destacando su continuo crecimiento en los últimos años, de los cambios que se están dando en él y las ventas de automóviles. Por otro lado, la misma agencia ha realizado varios análisis sobre la fuerte relación entre las matriculaciones de coches eléctricos y el PIB per cápita, reflejando el hecho de que en los países con niveles de PIB per cápita inferiores a 29.000€, los coches eléctricos tienen una cuota de mercado inferior al 1%. En contraste con países que tienen niveles de PIB per cápita superiores a 42.000€ donde los coches eléctricos tienen una cuota de mercado superior a 3,5%. Un ejemplo de estos países son Alemania, Reino Unido o Francia.

Como consecuencia de la lentitud del cambio en las ventas de automóviles hacia nuevos coches menos contaminantes, Todts (2019) publicó un informe en el que se abordaba el tema de las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas por los automóviles, señalando la emergencia existente por conseguir cero emisiones para preservar el medioambiente y evitar el cambio climático. Explica porqué el desarrollo de nuevas tecnologías de propulsión es tan lento, aparte de qué es lo que están haciendo los principales fabricantes automovilísticos para cumplir con los objetivos de niveles de contaminación establecidos por la UE. Asimismo, incluye informes sobre hacia dónde se dirigen las ventas de automóviles, mencionando que las disminuciones de los niveles de contaminación son debidas a un cambio en la tendencia de ventas de coches con motores diésel a coches con motores gasolina y, que no se debe a un gran aumento en la venta de automóviles con propulsiones alternativas a esas. También refleja las tendencias que se están dando en el mercado automovilístico como el crecimiento en las ventas de los SUVs que tienen unos niveles de contaminación superiores, dando lugar a un aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> en el último año. Incluye una reflexión sobre la penetración que están teniendo los coches eléctricos y recomendaciones que deben llevar a cabo las autoridades.

Siguiendo con el tema de las emisiones de CO<sub>2</sub>, la Agencia Europea de Medioambiente (European Environment Agency, EEA) publicó en 2019 un estudio sobre los verdaderos efectos a los que dio lugar la aplicación de las políticas nacionales y europeas en las emisiones de CO<sub>2</sub> de los vehículos matriculados durante el periodo 2010 - 2017. Para ver los cambios, se seleccionaron siete países de la Unión Europea en los cuales se aplicaron distintos incentivos y tasas para disminuir las emisiones e impulsar las ventas de coches eléctricos. Tras estudiar los distintos modos en los que cada país gestionó estas regulaciones y, aplicando diferentes escenarios sobre si se hubieran aplicado o no esos incentivos y que habría ocurrido en esos casos. Se llegó a la conclusión de que en ausencia de incentivos en el precio de venta de los automóviles eléctricos no se hubiesen conseguido esas disminuciones de partículas de CO<sub>2</sub>, además de qué los países que tenían mayores ayudas en este sentido consiguieron mejores resultados en general.

### **3. Evolución del mercado del coche eléctrico en Europa**

A continuación, se va a exponer de forma sucinta la situación actual del mercado europeo del automóvil y los principales factores por los que se ve afectado. Esta sección comienza con una breve explicación de que son los coches eléctricos y cuales son sus principales variantes. A continuación, se muestran algunas estadísticas que ponen de relieve el problema existente de las emisiones de CO<sub>2</sub> en el ámbito del transporte. Después se analizan algunos de los cambios que se están produciendo actualmente en sector de la automoción y, por último, se hace un repaso a los principales tipos de ayudas que existen para fomentar la demanda de coches eléctricos.

### 3.1. Tipos de vehículos con propulsión eléctrica

Un vehículo eléctrico a grandes rasgos se puede definir como aquel vehículo que de una manera total o parcial está propulsado por baterías recargables. Los principales tipos de vehículos eléctricos se pueden clasificar en:

- Vehículo eléctrico de batería (BEV). Dentro de este tipo de vehículos, se encuentran aquellos que funcionan mediante uno o varios motores eléctricos que se alimentan por baterías recargables. Estas pueden ser cargadas mediante la red eléctrica o a través del sistema de frenos regenerativos el cual aprovecha la energía que se produce en las desaceleraciones y frenado.
- Vehículo híbrido enchufable (PHEV). Estos vehículos combinan un sistema de combustión tradicional de gasolina o gasóleo y un sistema de propulsión eléctrica mediante baterías, dependiendo de la situación se accionará un sistema u otro. Las baterías del sistema eléctrico pueden ser también cargadas mediante la red eléctrica, pero la ventaja de este sistema es que, mientras el coche está en movimiento pueden recargarse por la energía cinética del coche convirtiéndola en energía eléctrica, en el caso de que las baterías estén descargadas. De igual forma pueden ser recargadas por los motores de combustión interna actuando como generador y por el sistema de frenado regenerativo.

A parte de estos, existen otros tipos de vehículos que usan sistemas de propulsión alternativos a los tradicionales. Los vehículos propulsados por gas, ya sean por gas licuado natural (GLP) o gas comprimido natural (GCP), son vehículos que han tenido una aceptable acogida en el mercado del automóvil, pero siguen siendo vehículos que emiten partículas contaminantes a la atmósfera y han servido a la industria del automóvil como una salida rápida para disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub>.

### 3.2. Emisiones de CO<sub>2</sub>

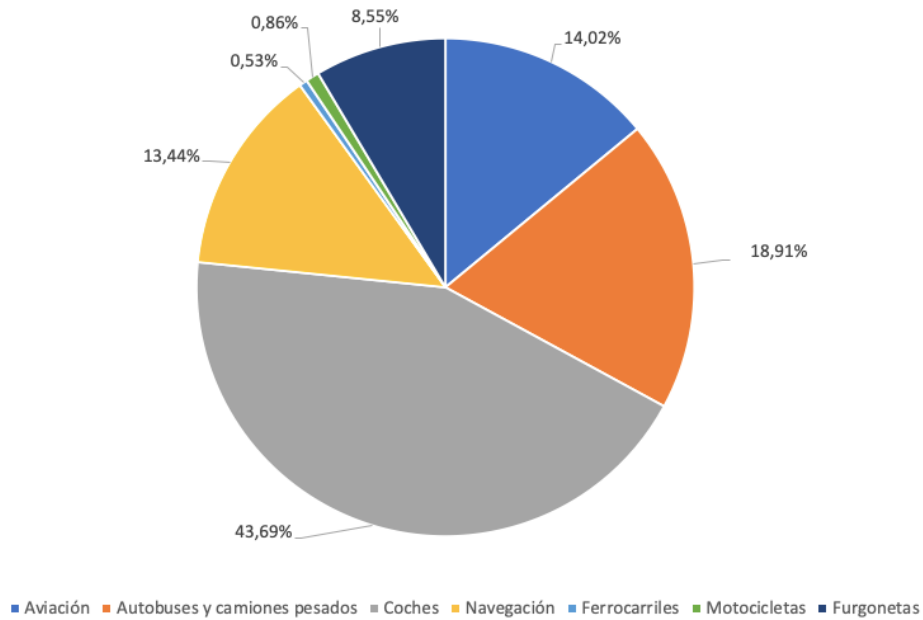
Hoy en día la contaminación es un problema con el que nos encontramos en todo el mundo. Esto se debe, entre otros muchos factores, al actual desarrollo incontrolado de los centros de población y al aumento de las fuentes de contaminación, lo que genera un deterioro de los recursos naturales y de la atmósfera.

La principal fuente de contaminación de la atmósfera es el transporte. Esta se produce como consecuencia de los gases expulsados por los tubos de escape de los motores de combustión, que dejan partículas de CO<sub>2</sub> suspendidas en el aire afectando así a la calidad de aire que respiramos en el día a día. Además, los vehículos con motores de explosión tienen otras consecuencias como el ruido, provocando una contaminación acústica en los lugares de mayor concentración de vehículos, las ciudades.

Concretamente, el medio de transporte que más impacto produce sobre el medioambiente es el coche, llegando a emitir el 43,69% de emisiones de CO<sub>2</sub> producidas por todos los medios de transporte (Gráfico 1). Una cifra muy alta que justifica la clara preocupación actual por conseguir nuevas maneras de reducir estos niveles. Es por esta razón por la que las autoridades europeas están exigiendo a los fabricantes de automóviles que busquen nuevas formas de propulsión para los vehículos con el fin de conseguir una reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>.



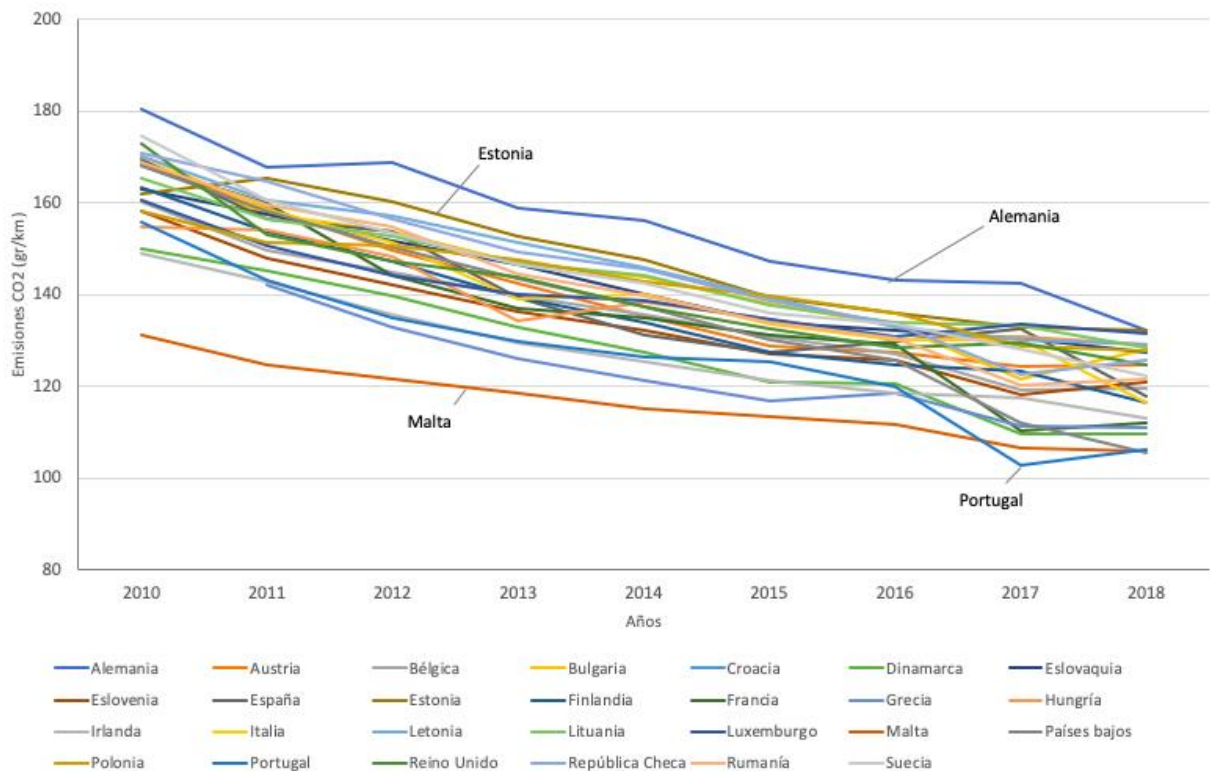
**Gráfico 1. Contaminación producida por el transporte en la UE (2019)**



Fuente: Federación Europea del Transporte y Medioambiente.

Como dato de esta preocupación por paliar las desmesuradas cantidades de CO<sub>2</sub> emitidas por el transporte<sup>1</sup>, podemos observar en el Gráfico 2 una clara tendencia en la reducción de las emisiones de los coches producidos por los fabricantes en el transcurso de los años.

**Gráfico 2. Evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub> en la UE (2010 - 2018)**



Fuente: Elaboración propia a partir de la EEA.

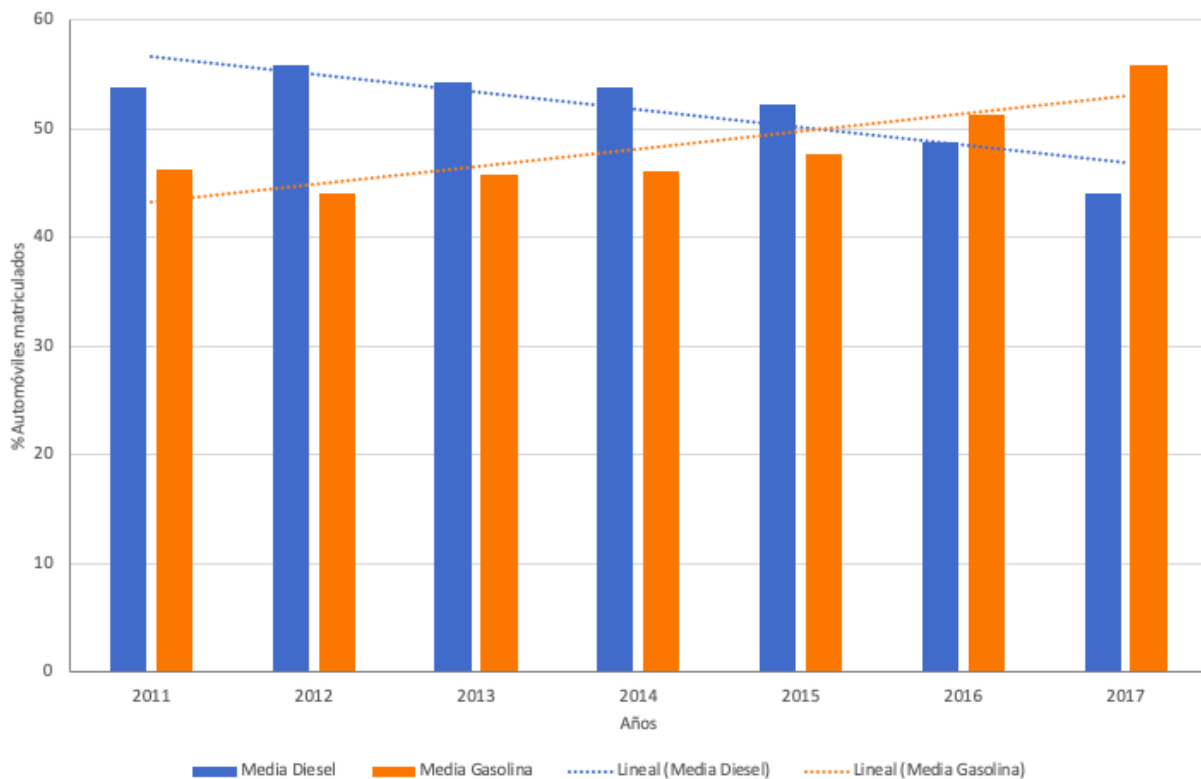
<sup>1</sup> La medida usada para los niveles de emisiones de CO<sub>2</sub> son gramos por kilómetro (gr/km), reflejando de esta manera cuanto contamina un coche a partir de la distancia recorrida.

Cabe destacar que las autoridades europeas han ido imponiendo a los fabricantes de automóviles a lo largo de estos años una serie de objetivos graduales con el fin de disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub>. Un ejemplo es que estableció como objetivo para 2015 que los coches fabricados no podían superar los 130 gr/km de emisiones de CO<sub>2</sub>. Y, tras ese objetivo, se impuso el límite de 95 gr/km para antes de 2020. En el caso de que estos objetivos no se alcanzaran, los fabricantes de automóviles tendrían una sanción de 95€ por cada gramo por encima del límite fijado, provocando así que los fabricantes del sector automovilístico tuvieran que buscar nuevas maneras de propulsión para los vehículos.

### 3.3. Cambio en las ventas de automóviles

Como consecuencia de las restricciones impuestas por la UE, los primeros movimientos que se vieron en el mercado del automóvil fueron el cambio de tendencia que se dio hacia el aumento en las ventas de coches de gasolina en vez de los de gasóleo, los cuales llevaban dominando el mercado en los últimos años por sus bajos consumos. Pero tenían el aspecto negativo y es que en cuanto a emisión de partículas de CO<sub>2</sub> sus niveles medios eran superiores a los de la gasolina.

**Gráfico 3. Evolución de las ventas de automóviles de diésel y gasolina (2010 - 2017)**



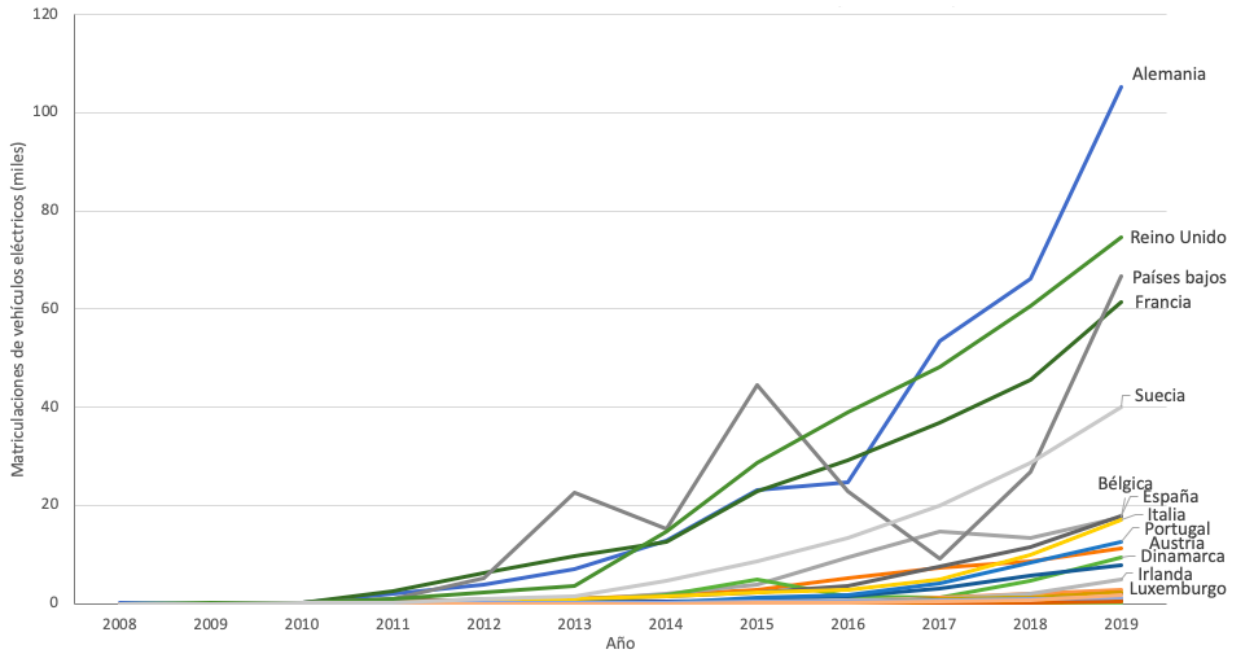
Fuente: Elaboración propia a partir de la ACEA.

En el Gráfico 3 podemos observar que a partir del año 2015 (año en el que se impuso la restricción de 130 gr/km) se da un claro cambio de tendencia en las ventas de motores de gasóleo, dejándolos de lado y aumentando las ventas de vehículos de gasolina. Esto fue una estrategia que utilizaron los fabricantes de automóviles para solventar de una manera rápida las restricciones impuestas.

Pero para cumplir los objetivos de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> para 2020, que eran bastante más bajos que los anteriores, las marcas de automóviles debieron dirigir su inversión hacia el desarrollo de nuevas formas de propulsión para los coches. Razón por la cual se centraron en el desarrollo de motorizaciones híbridas o eléctricas cuyos índices de CO<sub>2</sub> eran muy próximos a 0

gr/km. Como podemos observar en el Gráfico 4, las ventas de vehículos propulsados con motores eléctricos han sufrido un aumento en los últimos años, con importantes subidas en algunos de los países europeos. Cada vez las ventas son mayores, aunque existe el inconveniente de que estas alternativas tienen un precio bastante superior a los vehículos convencionales.

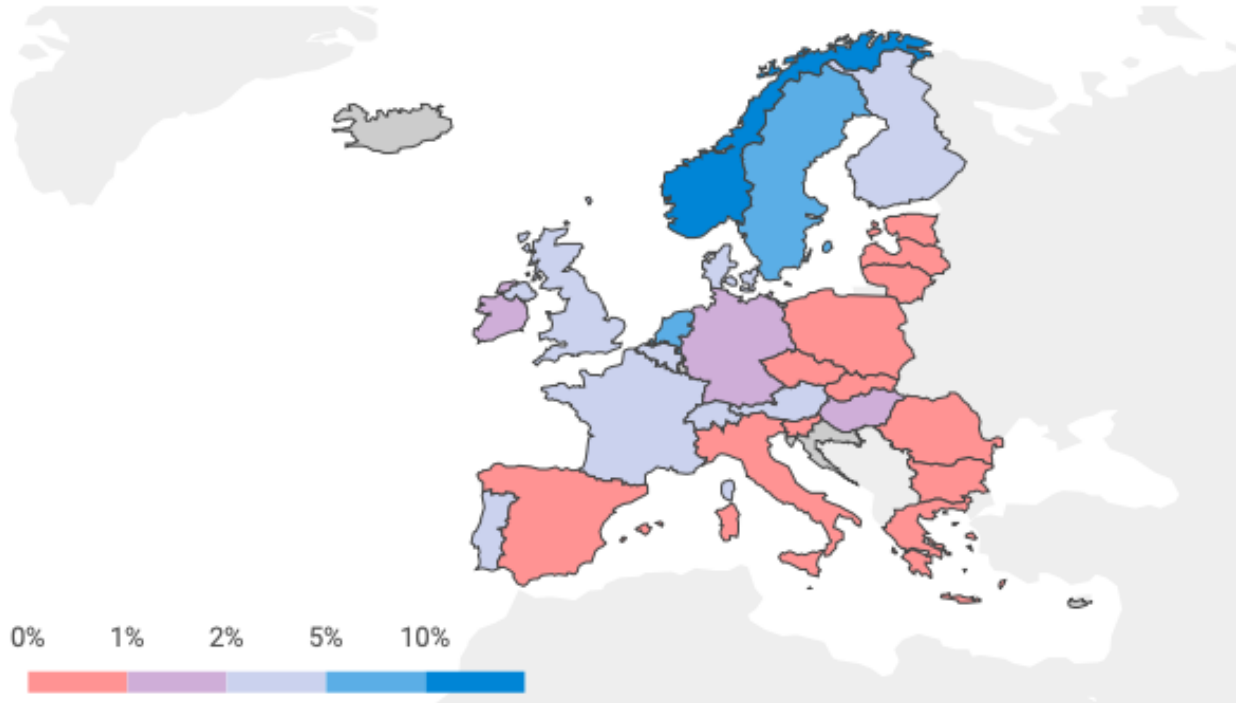
**Gráfico 4. Evolución de las matriculaciones de vehículos eléctricos en la UE (2008 - 2019)**



Fuente: Elaboración propia a partir del Observatorio Europeo para los Combustibles Alternativos (EAFO)

Si bien, hay que mencionar que no en todos los países de la Unión Europea se ha producido el mismo aumento en las ventas de vehículos eléctricos. Parece que una característica bastante importante a tener en cuenta es el nivel de vida de cada país. En el Gráfico 5 se ve reflejado la existencia de una clara relación entre el número de coches eléctricos y el PIB per cápita, ya que a mayor PIB per cápita mayor es el porcentaje de matriculaciones de automóviles eléctricos en cada país. Se puede ver que en los países con un PIB superior a 42.000€ la cuota de mercado que ocupa los coches eléctricos es superior al 3,5%. Además, de que prácticamente el 80% de los coches eléctricos que hay en Europa pertenece a los países con mayor PIB. Por el contrario, la cuota de mercado de los coches eléctricos es inferior a un 1% para los países con un PIB menor de 29.000€, siendo Polonia con 0,2% y un PIB de 12.900€ la que menor cuota de mercado tiene, después Eslovaquia con un 0,3% y un PIB de 16.600€ y por último, Grecia con un 0,3% y un PIB de 17.100€.

**Gráfico 5. Relación entre las ventas de automóviles eléctricos y PIB en la UE (2018)**



Fuente: ACEA

Esto se puede deber a que el coste de adquisición de estos vehículos es mayor que el de los vehículos convencionales. Los coches eléctricos actuales de media (según fuentes del sector) son hasta un 51% más caros que sus equivalentes de combustión interna. Lo que supone una barrera muy importante para el consumidor a la hora de decantarse por esta tecnología, ya que los beneficios que puede tener elegir este tipo de vehículos no los va a ver reflejados en el corto plazo. Los beneficios sociales que tienen, como una disminución de la contaminación y una mayor eficiencia energética, son ventajas que a la hora de adquirir un vehículo particular no son valoradas y no justifican para el consumidor ese sobreprecio a pagar.

#### 3.4. Ayudas en la compra de vehículos eléctricos

Las autoridades europeas, en conjunto con los gobiernos de los países miembros, están centrados en ser menos contaminantes y por ello en la instauración de nuevas tecnologías. A fin de que los consumidores se decanten por la compra de coches eléctricos en vez de los tradicionales de combustión interna, los gobiernos están estimulando la compra de estos a través de una serie de ayudas económicas con el fin de reducir el precio de los coches eléctricos para que esto no suponga una barrera en la compra.

Existen diferentes alternativas de ayudas económicas en función de los distintos países (Tabla 1), pero las principales ayudas que se dan en todos los países son aquellas ligadas a temas económicos como la exención en el pago del impuesto de matriculación. Podemos definir dos grupos claramente diferenciados por el momento en el que se dan esas ayudas:

1. Incentivos en la adquisición del vehículo. Dentro de este grupo podemos incluir aquellas ventajas fiscales consistentes en la reducción del impuesto de matriculación. En la mayoría de los países este impuesto desaparece si se trata de la compra de un automóvil eléctrico. También incentivos económicos de reducción en el precio del automóvil eléctrico y por último, incentivos a los propietarios de automóviles antiguos y con altos índices de contaminación para cambiarlos coches eléctricos.

2. Reducciones de los costes de mantenimiento. En este apartado se incluyen las ayudas en relación con el impuesto de circulación, tanto reducciones como exención del pago por ser coches poco contaminantes. Además de la creación de puntos de recarga para automóviles eléctricos con el fin de facilitar la movilidad.

**Tabla 1. Ayudas a los vehículos eléctricos (2019)**

<b>PAÍSES</b>	<b>Ayuda precio compra</b>	<b>Impuesto de circulación</b>	<b>Inversión en infraestructuras</b>
<b>Alemania</b>	✓	✓	
<b>Austria</b>	✓	✓	✓
<b>Bélgica</b>	✓	✓	
<b>Bulgaria</b>		✓	
<b>Chipre</b>	✓	✓	
<b>Croacia</b>			✓
<b>Dinamarca</b>	✓	✓	✓
<b>Eslovaquia</b>	✓	✓	
<b>Eslovenia</b>	✓		
<b>España</b>	✓	✓	✓
<b>Estonia</b>			
<b>Finlandia</b>	✓	✓	
<b>Francia</b>	✓		✓
<b>Grecia</b>	✓	✓	
<b>Hungría</b>	✓	✓	
<b>Irlanda</b>	✓	✓	✓
<b>Italia</b>	✓	✓	
<b>Letonia</b>		✓	
<b>Lituania</b>			
<b>Luxemburgo</b>	✓	✓	
<b>Malta</b>	✓	✓	
<b>Países bajos</b>	✓	✓	✓
<b>Polonia</b>	✓		
<b>Portugal</b>	✓		
<b>Reino Unido</b>	✓	✓	✓
<b>República Checa</b>	✓	✓	
<b>Rumanía</b>	✓	✓	✓
<b>Suecia</b>	✓		✓

Fuente: Elaboración propia a partir de la ACEA.

De acuerdo con el informe de Zsuzsa, Drossinos y Thiel (2017) estas medidas han ayudado a aumentar las matriculaciones de coches eléctricos a corto plazo. Aún así sigue existiendo otra barrera para la implementación de las nuevas tecnologías y es que la autonomía de estos vehículos hace que sea una limitación para la movilidad. En la mayoría de los casos la autonomía que ofrecen estos vehículos es de entre 50km y 500km (según el informe de la Red Eléctrica de España), es por esto por lo que para personas que hacen uso del coche a diario (o de una manera

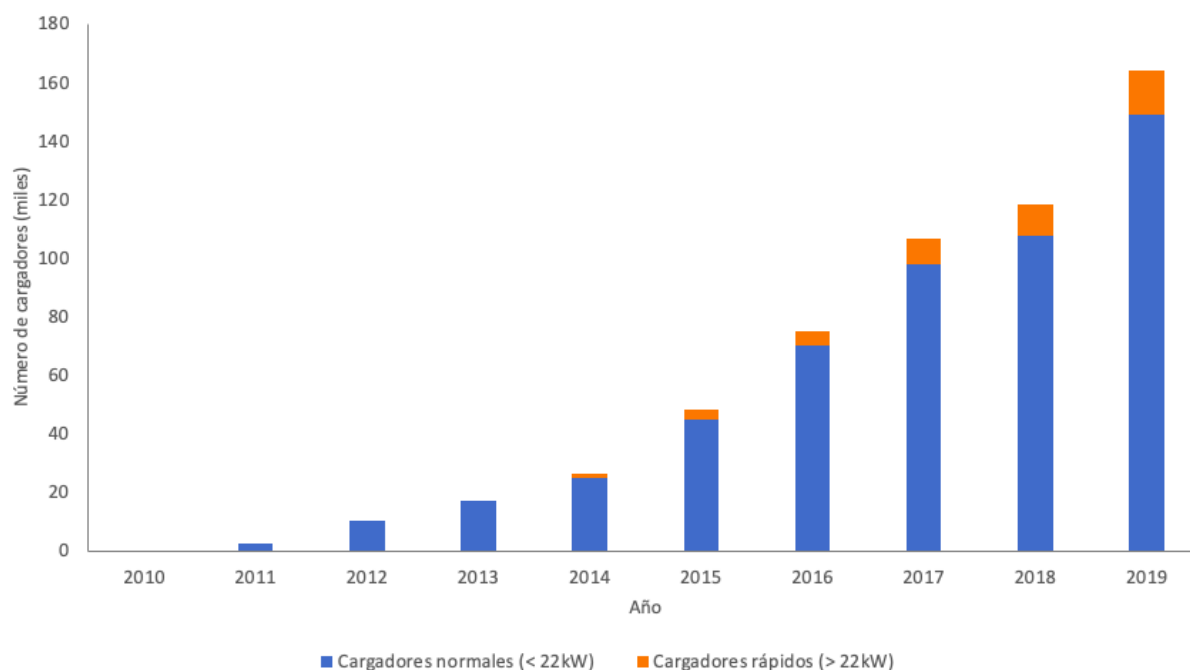
ocasional) para recorrer distancias no muy grandes, no habría problema. Pero para gente que tenga que recorrer largas distancias con frecuencia, el coche eléctrico le supone un inconveniente.

Por esta razón, muchos gobiernos centran sus esfuerzos en la creación de redes de cargadores eléctricos en distintas zonas o puntos del país, con el fin de facilitar los desplazamientos. Hay que diferenciar entre dos tipos principales de cargadores:

- Cargadores normales. Son aquellos que tienen una potencia inferior a los 22kW, es decir, una carga mas moderada lo que provoca que un coche de media tarde entre 3 y 5 horas en cargarse. Estos puntos se suelen encontrar situados en viviendas, lugares de trabajo, estaciones de ferrocarril o aeropuertos.
- Cargadores rápidos. Son aquellos que tienen una potencia superior a los 22kW, es decir, que tardan menos tiempo por su mayor intensidad de corriente, entre 1 y 3 horas. Se suelen encontrar en centros urbanos, supermercados o centros comerciales y de ocio.

En el Gráfico 6 podemos observar la evolución de la infraestructura de cargadores eléctricos en Europa. El aumento de la infraestructura de cargadores ha sido mediante puntos de recarga normales, ya que estos suponen un menor coste de instalación además de que no todos los coches están adaptados al uso de cargadores rápidos. Pero en los últimos años, se puede apreciar un mayor aumento en la instalación de cargadores rápidos por las ventajas que suponen respecto a los normales. Y es que estos permiten recargar la batería de los coches en la mitad de tiempo, lo que supone una ayuda a la movilidad.

**Gráfico 6. Cargadores normales y rápidos en la UE (2010 - 2019)**



Fuente: Elaboración propia a partir de EAFO.

#### 4. Datos y metodología

El objetivo del trabajo es obtener un modelo econométrico que ayude a entender cuáles son los factores que determinan la demanda de vehículos eléctricos y que permitirá hacer predicciones sobre las ventas de este tipo de vehículos. Básicamente y siguiendo la literatura comentada, los

datos necesarios para abordar este proyecto son aquellos relacionados con el sector del automóvil correspondientes a los países de la UE (a excepción de Chipre y Croacia por falta de información), además del PIB per cápita y las emisiones de CO<sub>2</sub> de esos mismos países. En la fase previa de recopilación de datos se barajó la posibilidad de trabajar con un periodo mas amplio de años, pero finalmente tras visitar las páginas Web de varias fuentes estadísticas, el periodo de análisis se redujo a los años comprendidos entre 2010 y 2018.

Como variable dependiente se ha considerado el número de matriculaciones de coches eléctricos, la cual recoge el número de coches vendidos en cada país a lo largo del periodo 2010 - 2018.

Para explicar esta variable se realizó la búsqueda de varios datos con el objetivo de poder incluirlos en el modelo para explicar mejor las matriculaciones de coches eléctricos. Algunas de las opciones que se tuvieron en cuenta fueron las ayudas otorgadas a los automóviles eléctricos, pero al tratarse de un periodo de nueve años fue imposible la recolección de las políticas que se habían llevado a cabo durante ese tiempo en cada uno de los 26 países. Tras un largo periodo de búsqueda de datos con los que fueran posible construir una base de datos completa y con sentido para poder explicar las causas que afectan a las matriculaciones de coches eléctricos, se seleccionaron cuatro variables con las que trabajar.

En primer lugar, se usó el número de matriculaciones totales de coches vendidos en cada país entre los años 2010 - 2018 para explicar el efecto que tiene esta variable sobre la endógena. En segundo lugar, siguiendo el trabajo de Freire (2013) se incluyó la variable CO<sub>2</sub>, que recoge las emisiones que producen los nuevos coches vendidos cada año, ya que dependiendo del país se venden unos modelos de coches u otros, atendiendo a las diferentes demandas de cada mercado. Como se ha comentado previamente, esta variable viene medida en gramos por kilómetro (g/km) reflejando así cuantas emisiones produce cada coche en función de la distancia recorrida. En tercer lugar, como refleja Tsakalidis (2018) en su estudio, resulta importante tener en cuenta a la hora de explicar las matriculaciones de coches eléctricos la infraestructura de cargadores eléctricos, tanto normales como los rápidos, que ha desarrollado cada país a lo largo de este periodo. Por último, de acuerdo con el trabajo realizado por Berry *et al.* (1995) sobre los factores que afectan a la demanda de los vehículos, se seleccionó la variable PIB per cápita con el objetivo de explicar el efecto que tiene el nivel de renta del país sobre el consumo de coches eléctricos. Con la selección de estas variables se consiguió un panel balanceado para trabajar, se dispone de información de todas las variables para todos los países y todo el periodo.

La estructura de los datos, observaciones de diferentes individuos (países) obtenidas a lo largo de un periodo de tiempo (2010 - 2018), nos obliga a trabajar con la metodología de datos de panel. Los datos de panel son una técnica más avanzada de lo que hemos trabajado en las asignaturas de Econometría. Por esta razón, se consideró oportuno utilizar el manual de Gujarati y Porter (2010) en el que se realiza una breve explicación de los distintos métodos utilizados para estimar estos modelos.

Un modelo de regresión con datos de panel explica la evolución de una variable dependiente (Y) mediante la evolución de otras variables independientes (X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, ..., X<sub>k</sub>). La especificación del modelo de regresión lineal:

$$Y_{it} = \alpha_{it} + \beta_1 \cdot X_{1it} + \beta_2 \cdot X_{2it} + \dots + \beta_k \cdot X_{kit} + u_{it} \quad \text{con } i = 1, \dots, N \text{ y } t = 1, \dots, T$$

donde, en nuestro caso, el subíndice i recoge el país y el subíndice t representa el tiempo. Los coeficientes  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  y  $\beta_3$  hacen referencia al efecto que tiene cada una de las variables explicativas sobre la variable dependiente. Además, u indica la perturbación del modelo, dicho de otra manera, es la variable aleatoria desconocida que explica la parte de Y que no son capaces de explicar las variables explicativas incorporadas en el modelo. En el caso de que u fuera ruido



blanco (cumpliera las hipótesis clásicas), la estimación mediante mínimos cuadrados ordinarios ofrecería estimadores con buenas propiedades. Este sería el caso del modelo con datos agrupados en el que tan solo se agrupan las observaciones sin diferenciar las dos dimensiones que presentan los datos de panel (el espacio y el tiempo). Pero aquí surge el problema o la diferencia al trabajar con datos de panel y es que al hacer de esta manera la estimación se está suponiendo que todos los países tienen el mismo comportamiento, es decir, que los individuos son homogéneos entre sí.

Los métodos específicos que se usan para trabajar con datos de panel son principalmente dos:

- *Modelo de efectos fijos*

El modelo de efectos fijos da una solución para poder contrastar si existe heterogeneidad individual. Lo que hace básicamente es transformar el ruido de la ecuación a:

$$u_{it} = \mu_{it} + v_{it}$$

De esta manera se soluciona el problema de heterogeneidad mediante el término  $\mu_i$ , la cual se convierte en un término fijo que recoge el efecto concreto de cada país y, la perturbación en este caso viene representada por  $v_{it}$  recogiendo el resto de los efectos que no incluyen las otras variables.

Tras este cambio en el término perturbación, suponiendo que la heterogeneidad es fija por el término  $\mu_i$ , se crea una variable ficticia asignando los valores 1 y 0 a cada país y de esta manera poder estimar el modelo por el método de mínimos cuadrados con variables ficticias (Least Squares Dummy Variables, LSDV). Una técnica válida si se supone que se anula la aleatoriedad que pueda tener cualquier país por la inclusión de la variable fija  $\mu_i$ . De esta manera, al estimar por mínimos cuadrados ordinarios se obtiene una estimación con un término constante diferente para cada país,  $\alpha + \mu_i$ . Esto a su vez, puede producir un problema de multicolinealidad perfecta, pero para evitarlo se debe cambiar el último coeficiente  $\mu_i$  por cero, haciendo así que el último país de la muestra tenga el término constante igual a  $\alpha$ .

Finalmente, para concluir si el modelo de efectos fijos es un método correcto para solucionar los problemas de heterogeneidad se puede hacer un contraste de restricciones lineales sobre los parámetros. Después, observaremos el  $\bar{R}^2$  o el estadístico de contraste F para ver si se rechaza o no la hipótesis nula. En el caso de que no fuera rechazada, los términos de heterogeneidad fijos  $\mu_i$  serían igual a cero y el modelo inicial sería el adecuado.

- *Modelo de efectos aleatorios*

Este modelo hace referencia a esos casos en los que el efecto de heterogeneidad no es fijo, sino que es una variable aleatoria. Dependiendo de si existe incorrelación o correlación entre las variables X y la variable aleatoria  $\mu_i$ , el método que se usará para estimar los parámetros  $\beta$  será distinto.

Si el efecto de heterogeneidad  $\mu_{it}$  está incorrelacionado con las variables explicativas se puede aplicar la estimación por MCG ya que existe autocorrelación entre las perturbaciones del modelo. Para estimar este modelo hay varias opciones de estimadores MCG posibles que usar, el estimador de máxima verosimilitud y el estimador de Balestra – Nerlove, los cuales van a tratar de estimar de una manera conjunta los parámetros  $\beta$  y los parámetros de la estructura de autocorrelación del ruido.



Pero en el caso de que exista correlación entre el efecto de heterogeneidad  $\mu_i$  y los regresores las estimaciones por MCG no se podrían utilizar ya que la estimación sería inconsistente. Para solucionar la correlación entre el ruido  $\mu_i$  y los variables independientes, se puede transformar el modelo mediante diferencias. El objetivo es restar a cada valor de la variable el valor anterior ( $\Delta X_{it} = X_{it} - X_{it-1}$ ). Consiguiendo el modelo transformado:

$$\Delta Y_{it} = \alpha_{it} + \beta_1 \cdot \Delta X_{1it} + \beta_2 \cdot \Delta X_{2it} + \dots + \beta_k \cdot \Delta X_{kit} + \Delta u_{it}$$

Dejando así un modelo de diferencias en el que no se ha eliminado la correlación entre el ruido y las variables explicativas, debido a que al tomar diferencias de la perturbación del modelo  $\Delta \mu_i$  no incluye el efecto de heterogeneidad  $\mu_i$ . Una vez eliminada la correlación, los estimadores vuelven a ser consistentes y se puede estimar otra vez por mínimos cuadrados ordinarios.

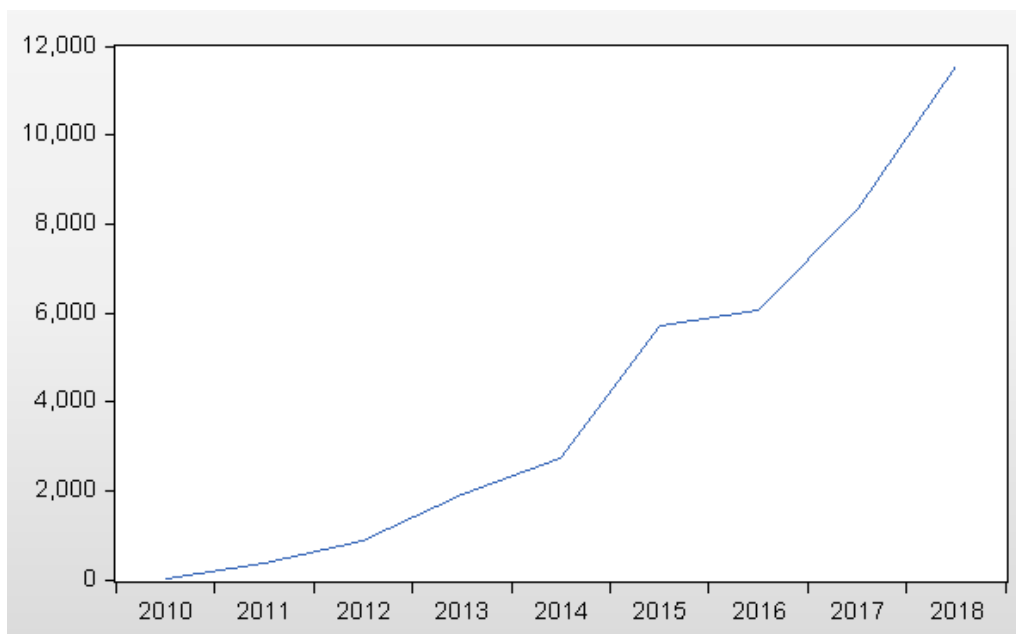
Por tanto, si el método de efectos aleatorios es válido o no y resuelve el problema de la heterogeneidad, se va a determinar realizando un contraste de hipótesis mediante el test de Hausman con el que se aceptará o rechazará el modelo de efectos aleatorios como solución al problema.

## 5. Análisis descriptivo de las variables

### 5.1. Variable dependiente

Dado que se está trabajando con datos de panel, se ha considerado conveniente representar las matriculaciones de coches eléctricos totales de Europa utilizando los valores medios anuales para cada año observado.

**Gráfico 7. Media de coches eléctricos matriculados en UE (2010 - 2018)**



Fuente: Elaboración propia.

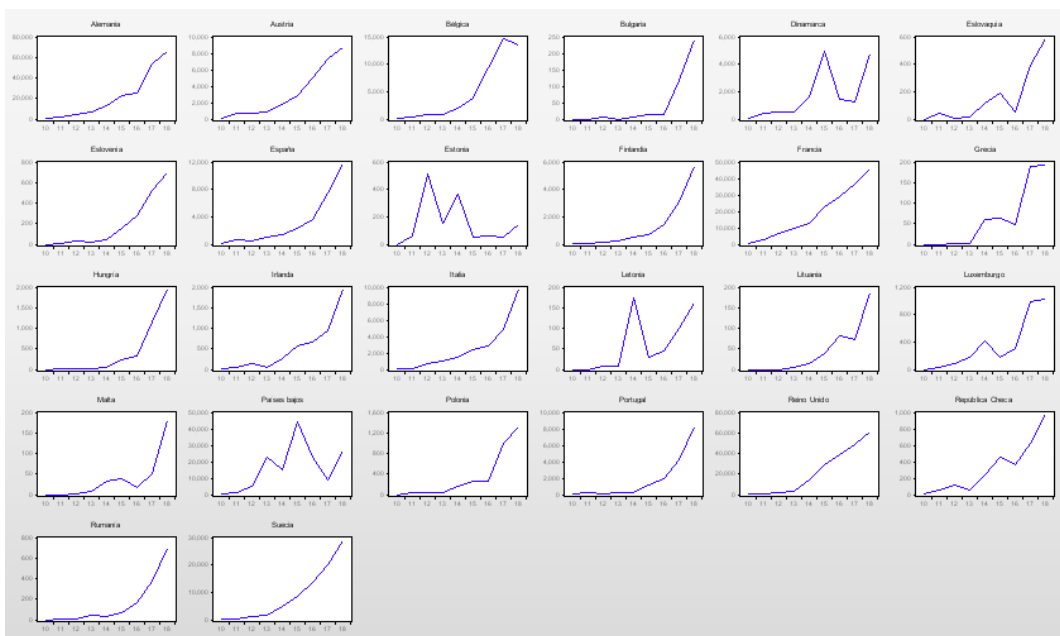
En el Gráfico 7, se puede observar la media de las matriculaciones de los coches eléctricos de los 26 países seleccionados. Esta media tiene una clara tendencia alcista a lo largo de estos nueve

años con periodos en los que el crecimiento ha sido menor, sobre todo en los primeros años, pero en los últimos tres años se aprecia una pendiente más acusada.

A pesar de que el conjunto de países de la UE ha experimentado un crecimiento general, no todos han tenido la misma evolución en las ventas de coches eléctricos durante estos años. En el Gráfico 8, se puede apreciar que el crecimiento desde el año 2010 al 2018 ha sido generalizado para todos los países. En cambio, no todos han tenido un aumento constante en el número de matriculaciones. Un ejemplo de ello, son países como Estonia y Países Bajos que han tenido bastantes irregularidades en su crecimiento. En el caso de los Países Bajos se debe a la eliminación de las ayudas en la compra de coches eléctricos durante dos periodos, según el informe de Samos, Mellios y Tsalikidis (2019).

Igualmente, se puede destacar a Alemania como el país que posee el mayor crecimiento desde el 2010 con un valor máximo de coches matriculados de 66.279 en 2018.

**Gráfico 8. Evolución de las matriculaciones de coches eléctricos por país (2010 - 2018)**

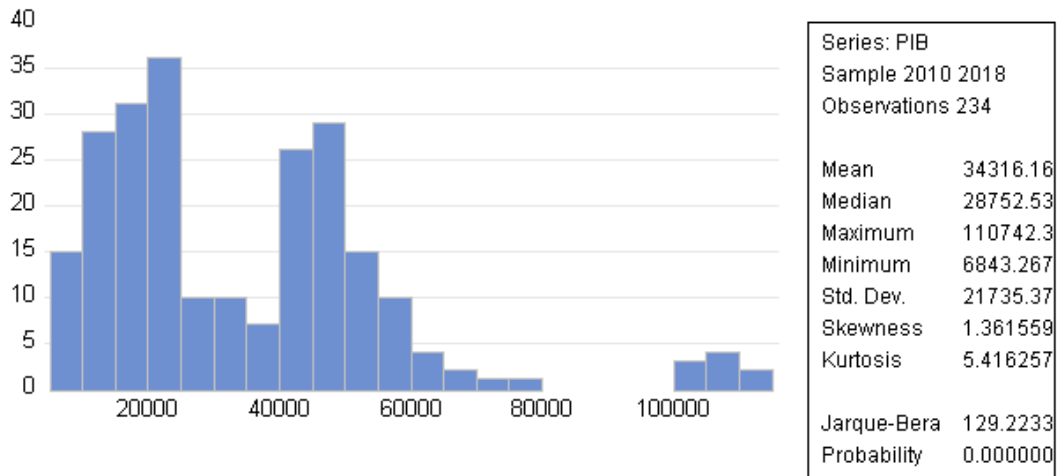


Fuente: Elaboración propia.

## 5.2. Variables independientes

Teniendo en cuenta que el objeto de estudio son el número de matriculaciones de coches eléctricos, se ha procedido a realizar una descripción estadística de las variables PIB pc, CO<sub>2</sub>, matriculaciones de coches totales y cargadores eléctricos para explicar su comportamiento.

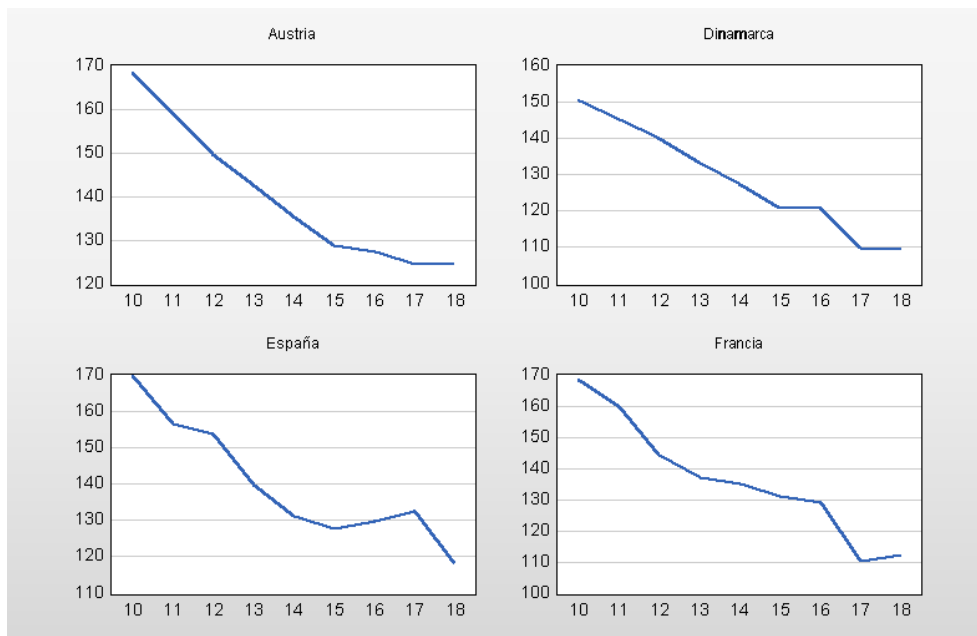
**Tabla 2. Estadísticos descriptivos de la variable PIB**



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 2 se pueden ver los principales estadísticos de la variable explicativa PIB. Refleja un PIB per cápita en Europa con una media de 34.313,16\$ además de que el 50% de los países tienen un PIB per cápita inferior a 28.752,53\$ y una desviación típica de 21.735,37 \$. El país europeo con mayor PIB per cápita es Luxemburgo con 110.742,30\$, en cambio, Bulgaria con 6.843,26\$, es el país con el menor PIB per cápita. En cuanto a la distribución de la variable, la asimetría tiene un valor positivo de 1,36 y una kurtosis igual a 5,41. Por último, esta variable tiene un valor del estadístico Jarque-Bera de 129,22, el cual rechaza la hipótesis nula de normalidad de las perturbaciones por tener una probabilidad de 0,00.

**Gráfico 9. Emisiones de CO<sub>2</sub> en Austria, Dinamarca, España y Francia (2010 - 2018)**

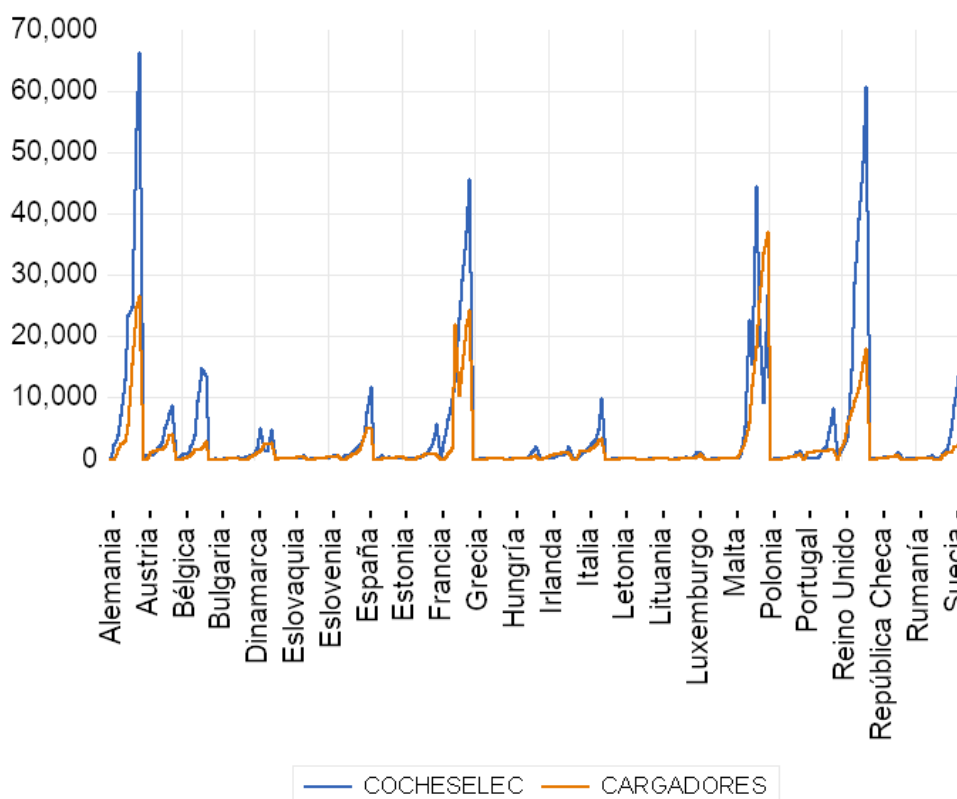


Fuente: Elaboración propia.

El Gráfico 9 recoge un ejemplo de cuatro de los países de nuestra muestra. En dicho gráfico se aprecia un descenso generalizado de las emisiones de CO<sub>2</sub> durante estos años. La disminución se ha producido en todos los países de una manera muy similar dado que las políticas impuestas por la UE eran comunes para todos. Aunque cabe destacar que, al principio del periodo, las pendientes son mayores que las que presentan los últimos años, en los que se puede observar una

menor inclinación de la curva, incluso un ligero repunte en las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas por los automóviles. Este repunte se debe en su mayoría a la llegada de los SUVs y la gran acogida que ha tenido por los consumidores a pesar de que sean automóviles más contaminantes, como ya se ha mencionado anteriormente.

**Gráfico 10. Relación entre la variable cargadores eléctricos y matriculaciones de coches eléctricos**

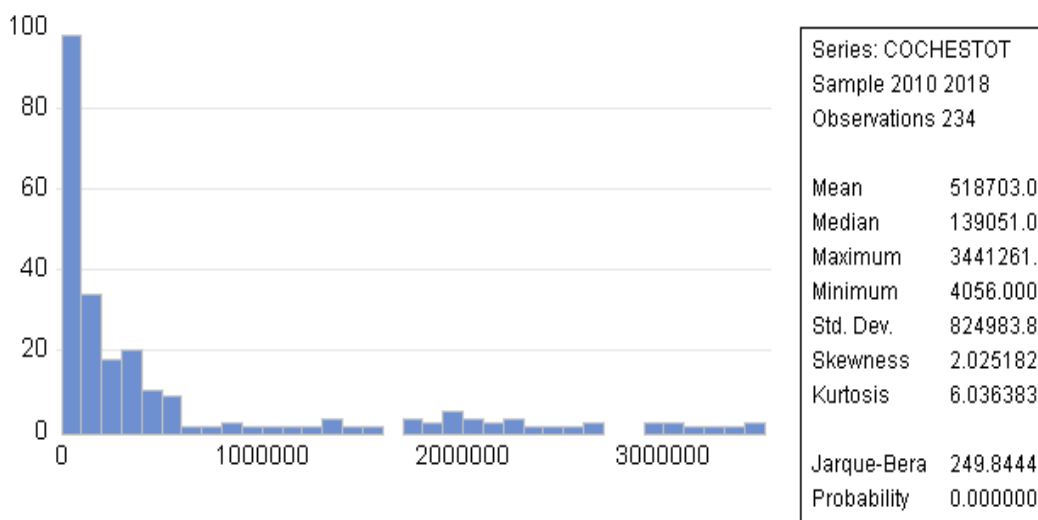


Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 10 se puede apreciar la relación entre el número de cargadores eléctricos y las matriculaciones de coches eléctricos para los distintos países observados a lo largo del periodo 2010 - 2018. Por un lado, se puede observar que tanto el número de cargadores eléctricos como el de matriculaciones de coches eléctricos ha aumentado considerablemente en los últimos años en la mayoría de los países. Esto se debe a la necesidad que tienen los coches eléctricos de poseer una infraestructura de cargadores lo suficientemente extensa para permitir su uso, ya que la autonomía de estos no es demasiado amplia y el tiempo que necesitan para cargar las baterías es considerablemente más alto que el que necesitan los automóviles tradicionales para repostar.

Por esta razón, cabe destacar la importancia que tiene la relación entre estas dos variables. Se puede observar que uno de los picos más altos de la gráfica lo representa Reino Unido en 2018 con 60.628 matriculaciones de coches eléctricos, lo que da como resultado una ratio de cargadores eléctricos/matriculaciones de coches eléctricos igual a 0,29. En el caso de España, se observa que el pico más alto de matriculaciones de coches eléctricos se da en el año 2018 con 11.639. En ese mismo año hay instalados en España 5.028 cargadores eléctricos, reflejando la existencia de un cargador para cada 2,31 coches eléctricos matriculados.

**Tabla 3. Estadísticos descriptivos de la variable coches totales**



Fuente: Elaboración propia.

En el último lugar, en la Tabla 3 se ilustra la descripción estadística de la variable coches totales. El valor esperado de coches totales es de 518.703 unidades con una desviación típica de 824983,8. El rango en el que se mueven sus valores es entre 4056 y 3.441.261 coches totales matriculados en un año. Adicionalmente, aquel valor que deja la misma cantidad de valores a un lado que al otro, la mediana, toma un valor de 139.051 automóviles. El coeficiente de asimetría tiene un valor de 2,03 lo que quiere decir que la distribución es asimétrica positiva. Por otro lado, el coeficiente de curtosis tiene un valor de 6,04, indicando que la distribución una concentración de valores en torno a su media y la podemos clasificar como leptocúrtica. También se puede apreciar el resultado del contraste de Jarque-Bera. Se ha obtenido un p – valor menor que 0,05, por lo tanto, se puede afirmar que la distribución no sigue una distribución normal en cuanto a las perturbaciones.

## 6. Modelo econométrico

Tras realizar el análisis descriptivo de las variables y una explicación sobre las bases teóricas utilizadas en este trabajo, se procedió a realizar la especificación y estimación de los modelos econométricos.

En primer lugar, se estimó un modelo de regresión (1) con el que se intentó explicar el número de ventas de coches eléctricos:

$$cocheselec_{it} = \alpha_{it} + \beta_1 \cdot pib_{it} + \beta_2 \cdot co2_{it} + \beta_3 \cdot cochestot_{it} + \beta_4 \cdot cargadores_{it} + \beta_5 \cdot cocheselec_{it-1} + u_{it} \quad (1)$$

donde  $cocheselec_{it}$  son las matriculaciones de coches eléctricos de cada país (i) en el año t,  $pib_{it}$  es el PIB per cápita de cada país en el año t,  $co2_{it}$  son las emisiones de CO<sub>2</sub> de cada país en el año t,  $cochestot_{it}$  son las matriculaciones de coches totales de cada país en el año t,  $cargadores_{it}$  son los cargadores eléctricos de cada país en el año t,  $cocheselec_{it-1}$  son las matriculaciones de coches eléctricos de cada país en el año t-1 y por último,  $u_{it}$  es el término de perturbación de las estimaciones.

En la especificación del modelo (1) se ha tenido en cuenta la literatura anteriormente comentada, en la que se incluían las variables explicativas como factores que afectaban a la venta de los vehículos eléctricos.

**Tabla 4. Estimación del modelo (1)**

Dependent Variable: COCHESELEC  
 Method: Panel Least Squares  
 Sample (adjusted): 2011 2018  
 Periods included: 8  
 Cross-sections included: 26  
 Total panel (balanced) observations: 208

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PIB	0.007017	0.012877	0.544955	0.5864
CO2	-28.08565	21.45404	-1.309108	0.1920
COCHESTOT	0.002365	0.000424	5.574634	0.0000
CARGADORES	0.204790	0.083031	2.466429	0.0145
COCHESELEC(-1)	0.931587	0.059829	15.57083	0.0000
C	3509.240	2973.903	1.180012	0.2394
Root MSE	3853.799	R-squared	0.874139	
Mean dependent var	4694.880	Adjusted R-squared	0.871023	
S.D. dependent var	10889.04	S.E. of regression	3910.615	
Akaike info criterion	19.40920	Sum squared resid	3.09E+09	
Schwarz criterion	19.50547	Log likelihood	-2012.557	
Hannan-Quinn criter.	19.44813	F-statistic	280.5882	
Durbin-Watson stat	2.504958	Prob(F-statistic)	0.000000	

Sin embargo, al realizar la estimación de este primer modelo (Tabla 4) sobre el número de matriculaciones de coches eléctricos con una muestra de 208 observaciones, se observa que el modelo posee un  $\bar{R}^2$  igual a 0,87 y unos signos de los coeficientes coherentes en relación con el signo del coeficiente de correlación entre las variables independiente con la variable dependiente. Hay que destacar que a pesar de esto y de que informes de la ACEA (2018) en los que relacionan el PIB de los países como una variable importante a la hora de la implantación del coche eléctrico, resulta ser una variable no significativa en el modelo con un p-valor superior al 0,05. Del mismo modo, el CO<sub>2</sub> tampoco es una variable significativa para explicar el número de matriculaciones de coches eléctricos pese a lo que se había supuesto al inicio.

Ante estos resultados, se procedió a una segunda estimación (Tabla 5) en la que no se incluyeron las variables no significativas ( $pib_{it}$  y  $co2_{it}$ ). El segundo modelo (2) utilizado fue el siguiente:

$$cocheselec_{it} = \alpha_{it} + \beta_1 \cdot cochestot_{it} + \beta_2 \cdot cargadores_{it} + \beta_3 \cdot cocheselec_{it-1} + u_{it} \quad (2)$$

la estimación de este modelo se realizó primero por la técnica de datos agrupados<sup>2</sup>, de esta forma se interpretó a cada país en un momento del tiempo como una observación diferente, es decir, que las variables que componen el modelo no presentan efectos individuales. Además, se obtuvo un modelo correctamente especificado, en el que todas las variables eran significativas, con los signos de los coeficientes coherentes a lo esperado y un  $\bar{R}^2$  igual a 0,87, muy similar al del modelo anterior.

<sup>2</sup> La estimación por datos agrupados consiste en realizar una estimación del modelo por MCO con toda la información disponible sin diferenciar entre los países y periodos temporales. Puede dar problemas de autocorrelación al ser diferentes la varianza de las perturbaciones entre los países y el tiempo.

**Tabla 5. Estimación modelo (2) por datos agrupados, efectos fijos y efectos aleatorios**

Variable dependiente: cocheselec

	<b>DATOS AGRUPADOS</b>	<b>FIJOS</b>	<b>ALEATORIOS</b>
<b>VARIABLE</b>	<b>Coeficiente</b>	<b>Coeficiente</b>	<b>Coeficiente</b>
cochestot	0.002193*	0.013533*	0.002252*
cargadores	0.226503*	0.268307*	0.218517*
cocheselec (-1)	0.942256*	0.829328*	0.934492*
c	-50.28811	-5656.585	-36.66899
R <sub>2</sub>	0.872790	0.895107	0.868612
R <sub>2</sub> ajustado	0.870920	0.873762	0.866679
F-statistic	466. 5502	41. 93601	449. 5498
Prob (F-statistic)	0.000000	0.000000	0.000000

Nota: \* hace referencia a variable significativa con p – valor &lt; 0.05

En segundo lugar, se aplicaron los modelos de efectos fijos y efectos aleatorios para comprobar si el modelo presentaba efectos individuales a lo largo del tiempo observado (Tabla 5). Al aplicar inicialmente la estimación por efectos fijos para ver si la heterogeneidad tiene carácter fijo, es decir, da un resultado bastante coherente, con un  $\bar{R}_2$  superior al del modelo estimado por datos agrupados, todas las variables son significativas y con signos afines. Pero a la hora de realizar el contraste de hipótesis (Tabla 6) para ver si el método de efectos fijos es correcto para estimar el modelo, se obtienen p-valores superiores a 0,05 dando lugar a no rechazar la hipótesis nula. Por consiguiente, se afirma que los efectos fijos de los países y el tiempo son iguales con un 95% de confianza.

**Tabla 6. Contraste estadístico para analizar la existencia de efectos fijos**

Redundant Fixed Effects Tests  
Equation: Untitled  
Test cross-section and period fixed effects

Effects Test	Statistic	d.f.	Prob.
Cross-section F	0.976379	(25,172)	0.5012
Cross-section Chi-square	27.603080	25	0.3264
Period F	1.562148	(7,172)	0.1497
Period Chi-square	12.820414	7	0.0766
Cross-Section/Period F	1.143547	(32,172)	0.2874
Cross-Section/Period Chi-square	40.121735	32	0.1534

Del mismo modo se consideró el modelo de efectos aleatorios. Tras realizar la estimación se obtiene un  $\bar{R}_2$  ligeramente inferior al de los dos modelos anteriores, pero las variables siguen teniendo los signos esperados además de que son significativas. Para concluir si este método es adecuado, se realizó el test de Hausman (Tabla 7). Este test compara las estimaciones del modelo de efectos fijos y las del modelo de efectos aleatorios. Si no se rechaza la hipótesis nula de igualdad (se obtiene un valor del estadístico bajo y un p-valor mayor de 0,05) significa que no hay diferencias sistemáticas entre las dos estimaciones, y es preferible elegir el modelo de efectos aleatorios. En nuestro caso hemos obtenido un p-valor igual a 0,00 en el caso de los efectos

aleatorios individuales, por lo que es preferible el modelo de efectos fijos frente al modelo de efectos aleatorios.

**Tabla 7. Contraste estadístico para analizar la existencia de efectos aleatorios**

Correlated Random Effects - Hausman Test  
Equation: Untitled  
Test cross-section and period random effects

Test Summary	Chi-Sq. Statistic	Chi-Sq. d.f.	Prob.
Cross-section random	23.143826	3	0.0000
Period random	1.281300	3	0.7336
Cross-section and period random	22.630755	3	0.0000

\*\* WARNING: estimated cross-section random effects variance is zero.

Cross-section random effects test comparisons:

Variable	Fixed	Random	Var(Diff.)	Prob.
COHESTOT	0.013533	0.002252	0.000009	0.0002
CARGADORES	0.268307	0.218517	0.003564	0.4043
COHESELEC(-1)	0.829328	0.934492	0.000604	0.0000

Por tanto, una vez realizado los dos modelos con los que se pueden explicar si existen efectos individuales a lo largo del tiempo, se llegó a la conclusión de que ni el modelo de efectos fijos ni el modelo de efectos aleatorios eran válidos, si no que es mejor el modelo (2) estimado con datos agrupados por MCO ya que esta base de datos no presenta efectos individuales. Nos quedamos con la estimación:

$$\widehat{cocheselec}_{it} = -50,28 + 0,0022 \cdot cochestot_{it} + 0,22 \cdot cargadores_{it} + 0,94 \cdot cocheselec_{it-1}$$

Por último, este modelo mide los efectos que tienen las variables resultantes en las matriculaciones de coches eléctricos. Se puede ver en el resultado de la estimación que un aumento de las matriculaciones de los coches totales tendría un efecto positivo sobre las matriculaciones de coches eléctricos. De igual forma, el aumento en una unidad en los cargadores eléctricos provocaría un aumento de 0.22 en el número de matriculaciones de coches eléctricos. Como en numerosas ocasiones aquí queda reflejado una vez más, el hecho de la importancia que tiene la variable dependiente retardada un periodo con el número de matriculaciones de coches eléctricos del periodo actual.

## 7. Resultados y conclusiones

En este trabajo se ha realizado un análisis sobre las diferentes variables que pueden afectar a la expansión del uso del coche eléctrico. Estas, fueron extraídas de varios trabajos que mencionaban cuales eran algunos de los factores que influían en la implantación del coche eléctrico como medio para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>. Tras realizar el estudio se llegó a la conclusión de que algunos de los elementos que en un principio se pensó que podían tener una gran importancia a la hora de explicar el número de matriculaciones, resultaron no ser válidos.

A pesar de que, varios informes de la ACEA, indicaran el hecho de que el PIB es un factor de gran peso para la implantación del coche eléctrico, esto no se ha podido demostrar al realizar un



análisis econométrico. Ya que el modelo empleado rechazó esta variable para la explicación de las ventas de los automóviles eléctricos.

Igualmente, las emisiones de CO<sub>2</sub> que se plantearon como una manera de explicar las ventas de coches eléctricos, resultó también ser una variable que no explicaba de una manera clara las matriculaciones de este tipo de coches.

Por otro lado, se obtuvo que uno de los principales factores que influyen en gran manera en las matriculaciones de coches eléctricos son los cargadores eléctricos. En otras palabras, los países que tienen políticas en las que se fomenta la creación de una red de cargadores, los coches eléctricos están más presentes. Este es un factor que influye claramente en la implantación del coche eléctrico, a medida que haya más cargadores distribuidos por las carreteras de los países facilitara la movilidad de los automóviles. Ya que uno de los problemas actuales que tienen este tipo de coches es la baja autonomía y de esta manera facilitaría los desplazamientos con puntos en los que se puedan recargar los vehículos.

El número de matriculaciones de automóviles afecta de igual manera a las matriculaciones de los coches eléctricos, es un ejemplo de que cuando el mercado se encuentra en periodos de crecimiento el número de coches eléctricos es mayor. Esto se puede justificar a que el sector del automóvil es un medidor sobre el estado económico de los países, en periodos donde la economía de los países está creciendo, el número de matriculaciones también suele crecer. Motivo por el cual, las matriculaciones de coches eléctricos se ven afectadas de la misma manera, sobre todo porque al hablar de este tipo de vehículos se entiende que son coches con unos precios de adquisición más altos a los vehículos tradicionales.

## Bibliografía

ACEA (2019) Economic and market report: state of the EU auto industry – Full-year 2018. [https://www.acea.be/uploads/statistic\\_documents/Economic\\_and\\_Market\\_Report\\_full-year\\_2018.pdf](https://www.acea.be/uploads/statistic_documents/Economic_and_Market_Report_full-year_2018.pdf)

ACEA (2019) Electric vehicles: tax benefits & incentives in the EU – Datos 2019 [https://www.acea.be/uploads/publications/Electric\\_vehicles\\_Tax\\_benefits\\_incentives\\_in\\_the\\_EU-2019.pdf](https://www.acea.be/uploads/publications/Electric_vehicles_Tax_benefits_incentives_in_the_EU-2019.pdf)

Berry, S., Levinsohn, J. y Pakes, A. (1995) Automobile prices in market equilibrium, *Econometría*, Vol. 63, No. 4, p. 841 – 890.

Banco Mundial (2019) GDP per capita (constant 2010 US\$) – Datos 2008 - 2019 <https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=2&series=NY.GDP.PCAP.KD&country=EUU>

Chow, G. C. (1957) Demand for automobiles in the United States: A study in consumer durables. Amsterdam: North-Holland Publishing Company.

Datosmacro (2019) Matriculaciones de vehículos nuevos – Datos 2008 - 2019 <https://datosmacro.expansion.com/negocios/matriculaciones-vehiculos>

EAF0 (2019) Alternative Fuels New Registrations M1 Electricity – Datos 2008 - 2019 <https://www.eafo.eu/countries/european-union/23640/vehicles-and-fleet>

EAF0 (2019) Normal and fast public charging points – Datos 2008 - 2019 <https://www.eafo.eu/countries/european-union/23640/infrastructure/electricity>

EEA (2019) Monitoring of CO2 emissions from passenger cars – Datos 2010 - 2017 – Datos finales <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/co2-cars-emission-16>

EEA (2019) Monitoring of CO2 emissions from passenger cars – Datos 2018 – Datos provisionales <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/co2-cars-emission-16>

Freire González, J. (2013) Análisis de los efectos de la reforma del impuesto especial sobre determinados medios de transporte, Papeles de Trabajo del Instituto de Estudios Fiscales, No. 7. [https://www.ief.es/docs/destacados/publicaciones/papeles\\_trabajo/2013\\_07.pdf](https://www.ief.es/docs/destacados/publicaciones/papeles_trabajo/2013_07.pdf)

Gujarati, D. N. y Porter, D. C. (2010) *Econometría*, 5ª.ed. McGraw Hill.

Núñez-Hernández, E. y Arcos-Vargas, A. (2019) Análisis comparativo a nivel internacional de la expansión del vehículo eléctrico, *Economía Industrial*, 411, pp. 55-68.

Samos, Z., Mellios, G., y Tsalikidis, N. (2019) The impact of vehicle taxations system on vehicle emissions. Informe de la Agencia Europea de Medioambiente (EEA). 2019/12 <https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-atni/products/etc-atni-reports/etc-atni-report-12-2019-the-impact-of-vehicle-taxations-system-on-vehicle-emissions>

Tsakalidis, A y Thiel, C. (2018) Electric vehicles in Europe from 2010 to 2017: is full-scale commercialisation beginning? Centro de investigación de la Comisión Europea. [https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC112745/jrc112745\\_kjna29401enn.pdf](https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC112745/jrc112745_kjna29401enn.pdf)

Todts, W. (2019) How car makers can reach their 2021 CO<sub>2</sub> target and avoid fines. [https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/T%26E\\_201909\\_Mission\\_possible\\_vF.pdf](https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/T%26E_201909_Mission_possible_vF.pdf)

Zsuzsa, P., Drossinos, Y. y Thiel, C. (2017) The effect of fiscal incentives on market penetration of electric vehicles: A pairwise comparison of total cost of ownership, Energy policy, Vol. 105, pp. 524 – 533. <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0301421517301404?token=074EDED5000BB4A4A81D0DDDD0CE00812F2135DA2E2E7025BC778A2845849F3931F10FC1BAF1243D2CF2BB98E011D414>