

EFECTOS ECONÓMICOS Y MEDIOAMBIENTALES DE LA ELECTRO-MOVILIDAD EN ESPAÑA. UN ANÁLISIS *INPUT OUTPUT* MEDIOAMBIENTALMENTE EXTENDIDO

MANUEL ORDÓÑEZ RÍOS

ÁNGEL ARCOS VARGAS

JOSÉ MANUEL CANSINO MUÑOZ-REPISO

ROCÍO ROMÁN COLLADO

Universidad de Sevilla

El transporte supone el 40 % del consumo final de energía en España. Particularmente los vehículos destinados al transporte de mercancías (vehículos comerciales ligeros y camiones) representan el 43 % del consumo energético por carretera. El creciente desarrollo del comercio electrónico y la actividad logística que conlleva actúa como un catalizador del uso de transporte de mercancías por carreteras y áreas urbanas pudiendo aumentar más aún su consumo de energía. En términos de emisiones, la energía consumida en el transporte

contribuye de forma directa, con el 25 % de las emisiones totales de CO_{2eq} en España (Club Español de la Energía, 2017).

El parque de vehículos en España en 2016 era de 22,9 millones de los que, en 2015, el 57,8 % tenía más de diez años de antigüedad. Los modelos más recientes de vehículos convencionales movidos con gasolina o diésel han disminuido el consumo de combustible por kilómetro recorrido y también las emisiones de CO_2 , NO_x y PM. De hecho, el segmento que más crece es el de vehículos que consumen menos o igual a 4,8 l/km lo que supone un volumen de emisiones de 120g CO_2 /km frente a los 160 g CO_2 /km emitidos por los vehículos con un consumo superior a los 6,4 l/km.

A pesar de la reducción de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) derivadas de mejoras tecnológicas en los nuevos vehículos, los compromisos europeos de mitigación de la emisión de este tipo de gases pasa por la progresiva penetración de vehículos movidos por combustibles alternativos como

es el caso de los vehículos eléctricos. En este sentido expertos señalan que será la electrificación masiva del parque de vehículos la que permitirá abatir las emisiones de GEI cuando se analizan horizontes temporales superiores a 2030 (Comisión de expertos sobre escenarios de transición energética, 2018). La mayor penetración de este tipo de vehículos debe ayudar a alcanzar el objetivo europeo de reducir en un 70 % el consumo de petróleo en el transporte en 2050 en comparación con el nivel registrado en 2008 (EEA, 2015). Para el caso específico de España, la Estrategia de Impulso del Vehículo con Energías Alternativas (2014-2020) (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2015) estableció un objetivo para 2020 de 150.000 vehículos eléctricos partiendo de una cifra de 10.000 vehículos eléctricos existentes en 2014. La cifra era de 14.000 vehículos en 2017 sobre un parque total de vehículos de casi 23 millones (Comisión de expertos sobre escenarios de transición energética, 2018). Esta actuación de las autoridades españolas contaba con los precedentes de un conjunto de medidas muy diversas que se venían

aplicando para promocionar el uso del coche eléctrico. Un análisis exhaustivo de estas medidas puede consultarse en Cansino e Yñiguez para el caso español (2017), Arcos *et al.* (2018 a) para Dinamarca, Estonia, Francia, Alemania, Países Bajos, Italia y Noruega y en Cansino *et al.* (2018) para el conjunto de la Unión Europea 28.

Casi al mismo tiempo en el que se puso en marcha la Estrategia de Impulso del Vehículo con Energías Alternativas (2014-2020) y en el marco de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, COP21 de París en 2015, se presentaron diez iniciativas relacionadas con la lucha contra el Cambio Climático. Una de ellas fue la denominada «Declaración de París sobre la Electro-Movilidad y el Cambio Climático». Esta declaración fue suscrita por entidades privadas (fabricantes de automóviles) y públicas como la Agencia Internacional de la Energía y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. España también suscribió la Declaración a través de la Oficina Española de Cambio Climático (UNFCCC, 2015). La Declaración establecía que para evitar la subida de temperaturas por encima de los 2°C era necesario lograr una cuota de vehículos eléctricos de un 20% en 2030. La definición de vehículo eléctrico incluía a los puramente eléctricos y a los híbridos enchufables tanto de dos, tres o cuatro ruedas.

La penetración del coche eléctrico tendrá un impacto económico muy importante en términos de output, VAB y empleo en una economía como la española en la que el sector de fabricación de vehículos y de componentes es muy importante. Este efecto debe ser estimado para tener una visión más completa de las implicaciones de la introducción de este tipo de vehículos. El impacto sobre el medioambiente debe ser también estimado si se considera la importancia del sector de generación eléctrica (y su previsible mayor demanda) como emisor de GEI. El objetivo de este artículo es calcular estos impactos a través de un análisis multisectorial utilizando un modelo de Leontief medioambientalmente extendido.

El artículo se estructura como sigue. Tras esta introducción, en la Sección 2 se detalla la metodología y en la Sección 3 la fuente de datos. Los principales resultados se muestran en la Sección 4 mientras que las conclusiones se ofrecen en la sección 5.

METODOLOGÍA

Las tablas Input-Output (TIO) son utilizadas como soporte estadístico para la construcción de modelos con los que evaluar –entre otras cuestiones– los resultados que la aplicación de políticas económicas específicas tienen sobre la economía de un país de manera general, o sobre cada uno de los sectores económicos de manera específica. Las TIO recogen todas las interacciones que aparecen entre los diferentes sectores económicos y la de éstos con los factores primarios y con los agentes económicos a través de la demanda final.

La metodología utilizada está basada en el modelo de Leontief (1966) que permite evaluar el impacto económico que las actividades de los agentes económicos tienen sobre los sectores productivos de una economía. Esta metodología toma como base de trabajo la información contenida en las TIO. Éstas son tablas de doble entrada donde se muestran el conjunto de transacciones económicas que han tenido lugar entre los agentes económicos durante un período de tiempo determinado.

Esta metodología se concreta en la ecuación fundamental del modelo input-output (Ecuación 1) que indica que la producción de cada sector depende de la demanda final:

$$x = (I - A)^{-1} \cdot f$$

donde x es un vector de dimensiones $n \times 1$, que indica el valor del output total de cada sector productivo; n es el número total de sectores productivos en los que se desgrega la economía, I es la matriz identidad de dimensión $n \times n$; A es la matriz de coeficientes técnicos, una matriz de $n \times n$, donde cada uno de sus elementos indica las necesidades que un determinado sector tiene de los inputs de otro sector por unidad de output; y , f es un vector de $n \times 1$, que representa la demanda final, esto es, la demanda que los agentes económicos hacen de cada sector productivo considerado. La matriz $(I - A)^{-1}$ se denomina *matriz inversa de Leontief* y cada uno de sus elementos son los denominados *multiplicadores simples* del modelo y representan la cantidad de output que debe producir el sector i para aumentar en una unidad la demanda final del sector j o, también, las necesidades de inputs del sector i que son necesarios para fabricar una unidad de bien por parte del sector j .

A partir de la Ecuación 1, cualquier variación que se produzca en la demanda final provocará una variación en la producción fruto de las interrelaciones que existen entre los sectores y que están contempladas en la matriz inversa de Leontief. Los resultados que aparecen son la suma de los efectos directos e indirectos originados por el impacto realizado sobre la demanda.

Además de analizar el impacto económico sobre la producción, el modelo también permite calcular el impacto sobre el empleo, valor añadido o emisiones generadas por las actividades productivas, entre otras variables. Tomando como ejemplo el nivel de emisiones, la extensión del modelo de Leontief se realiza de la siguiente forma. Se define la matriz de coeficientes de emisiones (\hat{E}), como una matriz diagonal en la que cada uno de los elementos de la diagonal principal corresponde al cociente entre el nivel de emisiones (e_j) y el output total (X_j) para cada sector productivo j . Así,

$$E_j = \frac{e_j}{X_j}$$

Una vez definida la matriz diagonal de coeficientes de emisiones es posible modificar el modelo inicial de Leontief (Ecuación 1) como se muestra en la Ecuación 3,

$$e = \hat{E} \cdot x = \hat{E} \cdot (I - A)^{-1} \cdot f$$

donde e es el vector de emisiones en el que cada uno de sus elementos indica las emisiones originadas por cada sector productivo ante un impacto de demanda.

De manera análoga a como se ha definido una matriz de coeficientes de emisiones, se puede proceder con el empleo y con el valor añadido e introducirlas en el modelo inicial de manera similar a la recogida en la Ecuación 3 para así calcular el impacto que sobre estas variables que tiene un determinado shock de demanda.

Para conocer el impacto que la introducción del vehículo eléctrico tendrá en las magnitudes económicas y medioambientales antes mencionadas se introducirá un nuevo vector de demanda final que será similar al que aparece en la TIO salvo para cuatro sectores productivos o ramas de actividad específicas que son las afectadas de manera directa. Para estos sectores, los valores se han modificado de acuerdo con los tres escenarios considerados: 10, 15 y 20% de penetración del coche eléctrico con un horizonte en el año 2030. Estos escenarios incluyen el fijado en la Declaración de París sobre la Electro-Movilidad y el Cambio Climático (20%) y otros tres escenarios más conservadores.

El primero de los sectores económicos que se verá impactado por la mayor penetración del coche eléctrico es el del sector o rama de actividad de las Coquerías y refino de petróleo. En este caso la introducción del coche eléctrico supondrá un descenso del consumo de productos derivados del petróleo. La disminución considerada en la demanda final ha sido similar a los coeficientes de penetración del automóvil eléctrico, esto es, un 10, 15 y 20%. Dado que el refino de petróleo representa el 98,4% del total de la producción de toda la rama, se ha considerado que la reducción del consumo de derivados de petróleo en los tres escenarios afecta a la totalidad. Sin embargo, para los componentes de la demanda final, esta disminución sólo se aplicará al gasto en el consumo final de los hogares y a las exportaciones hacia países de la UE, ya que se considera que el efecto será similar al de España. Se asume que el impacto negativo de la mayor penetración del vehículo eléctrico sobre el sector del refino no se compensa con un mayor volumen de exportaciones del mismo sector.

La segunda de las ramas de actividad que se verá impactada es la Fabricación de vehículos. El signo esperado del impacto es negativo. Para el cálculo de la reducción a aplicar se estima que el mantenimiento del vehículo eléctrico va a suponer un 20% del mantenimiento que tienen en la actualidad el automóvil tradicional. Con un coeficiente de penetración del 10%, esto supondrá que el mantenimiento del parque de vehículos se reducirá en un 8%, ya que el 90% de los coches continuarán con su mantenimiento tradicional. Por otro lado, dado que en la demanda de la rama de actividad Fabricación de vehículos de motor, re-

molques y semirremolques incluye tres subramas (Vehículos de motor, carrocerías, remolques y semirremolques y piezas y accesorios) la reducción se aplicará a la subrama que incluye la fabricación de piezas y accesorios. Por otro lado, dado que la producción de esta subrama representa el 31,75% de la producción total de la fabricación de vehículos, la disminución final de la demanda final para este sector será del 2,54% (Tabla 1). Para los componentes de la demanda final se aplicará la reducción al consumo de los hogares, la formación bruta en capital fijo (FBCF) y las exportaciones hacia la UE.

Algo similar se ha considerado para la rama de actividad Venta y reparación de vehículos dado el menor mantenimiento que requiere el vehículo eléctrico frente a los vehículos convencionales movidos con gasolina o diésel. De las cuatro subramas las afectadas van a ser el mantenimiento y reparación de vehículos de motor y el comercio de accesorios de vehículos de motor, que representa un 59,60% del valor de la producción de todo el conjunto del sector. La disminución considerada para los tres escenarios en la demanda del sector son los que aparecen recogidos en la Tabla 2. Esta disminución se aplicará para los componentes de la demanda final siguientes: consumo de los hogares, consumo de las Administraciones Públicas, FBCF y exportaciones hacia la UE.

La última de las ramas de actividad que verá modificada su demanda final es el Suministro de energía eléctrica, en este caso en forma de aumento de la demanda. Para una penetración del automóvil eléctrico del 10% la demanda eléctrica se incrementaría en un 3,19% tal y como se puede ver en la Tabla 3.

Por otro lado, la disminución del gasto de los agentes económicos, por ejemplo las economías domésticas, va a suponer un aumento de su poder de compra por lo que se ha considerado que este menor gasto se va a destinar a la compra de bienes y servicios. Así, este gasto se ha distribuido, como aumento del mismo, de manera proporcional a la demanda final que han realizado los agentes económicos durante el año 2010. Este comportamiento puede provocar un efecto rebote sobre el consumo al que nos referiremos más adelante.

Por último, la incorporación del automóvil eléctrico al parque de vehículos va a suponer una disminución de la emisión de GEI, lo que se traduce en una modificación del coeficiente de emisiones empleado en la Ecuación 3 en el sector transporte terrestre que es donde va a tener el principal impacto.

BASE DE DATOS

La información estadística que ha sido empleada para realizar el presente análisis es la TIO a precios básicos de España del año 2010 publicada por el Instituto Nacional de Estadística (INE, 2017a), donde aparecen reflejadas 63 ramas de actividad. De este mismo organismo se han tomado los datos de las emisiones de gases a la atmósfera (INE, 2017b).

TABLA 1
DISMINUCIÓN DE LA DEMANDA FINAL EN LA RAMA DE ACTIVIDAD FABRICACIÓN DE VEHÍCULOS DE MOTOR

	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Penetración del coche eléctrico (%)	10	15	20
Disminución demanda de piezas y accesorios (%)	8	12	16
Disminución demanda Fabricación vehículos (%)	2,54	3,81	5,08

Fuente: elaboración propia.

TABLA 2
DISMINUCIÓN DE LA DEMANDA FINAL EN LA RAMA DE ACTIVIDAD VENTA Y REPARACIÓN DE VEHÍCULOS DE MOTOR Y MOTOCICLETAS

	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Penetración del coche eléctrico (%)	10	15	20
Disminución mantenimiento y venta repuestos y accesorios (%)	8	12	16
Disminución demanda Venta y reparación vehículos (%)	4,77	7,15	9,54

Fuente: elaboración propia.

TABLA 3
AUMENTO DE LA DEMANDA FINAL EN LA RAMA DE ACTIVIDAD SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA UNA PENETRACIÓN DEL COCHE ELÉCTRICO DEL 10%

Recorrido medio anual por vehículo (km)	15.000
Consumo energético por vehículo eléctrico (vatios-hora/km)	250
Consumo energético anual por vehículo (kWh)	3.750
Parque vehículos (turismos) año 2010 (millones de unidades)	22,15
Vehículos eléctricos (10%)	2.215
Consumo total vehículos eléctricos (GWh)	8.306,25
Consumo nacional de electricidad año 2010 (GWh)	260.578
Incremento del consumo eléctrico (%)	3,19

Fuente: Elaboración propia, Dirección General de Tráfico (2011), Secretaría de Estado de Energía (2012)

La disminución final de la demanda final para el sector de fabricación de piezas y accesorios que se ha considerado es del 2,54% de su valor según se detalla en la Tabla 1.

Para la rama de actividad Venta y reparación de vehículos la disminución considerada para los tres escenarios en la demanda del sector son los que aparecen recogidos en la Tabla 2.

A partir de los datos tomados de la Dirección General de Tráfico (2011) la Tabla 3 detalla que para una penetración del automóvil eléctrico del 10% la demanda eléctrica se incrementa en un 3,19%. Dado que la subrama Generación, transporte y distribución de energía eléctrica supone un 90,93% del total de la producción de toda la rama, el aumento de la demanda final es de un 2,90%. Para los escenarios 2 y 3, los incrementos serán del 4,35% y 5,80%, respectivamente.

Por otro lado, la disminución del gasto de los agentes económicos, por ejemplo las economías domésticas, va a suponer un aumento de su poder de compra por lo que se ha considerado que este menor gasto se va a destinar a la compra de bienes y servicios. Así, este gasto se ha distribuido, como aumento del mismo, de manera proporcional a la demanda final que han realizado los agentes económicos durante el año 2010.

Finalmente, para el cálculo de las emisiones evitadas de GEI por el reemplazo de vehículos convencionales por el vehículo eléctrico se han empleado los datos de emisiones del transporte por carretera suministrados por la Secretaría de Estado de la Energía (2012) que aparecen en la Tabla 4.

Para el escenario 1, con una penetración del coche eléctrico del 10%, la reducción de las emisiones sobre el total serían de 5.188,5, lo que supone un 6,2% para todo el conjunto del parque de vehículos. Sin embar-

TABLA 4
EMISIONES DE CO₂-EQ DE LA CATEGORÍA DE TRANSPORTE POR CARRETERA POR CATEGORÍA DE VEHÍCULOS (KT). AÑO 2010

Categoría	Emisiones
Turismos	51.885
Vehículos pesados	24.467
Vehículos ligeros	6.029
Motocicletas	1.501
TOTAL	83.882

Fuente: Secretaría de Estado de Energía (2012)

go, existen diferencias entre los datos de emisiones que ofrece el INE y la Secretaría de Estado de la Energía en su Inventario de GEI. En concreto la diferencia entre la emisiones del sector del transporte terrestre ofrecida por el Inventario de GEI es superior en más de 48 mil kt CO₂eq. Esto hace que la reducción para el parque de vehículos sea sólo de un 1%. Así, el coeficiente de emisiones por unidad de producción, que inicialmente era de 0,6810 kt/mill €, disminuye en el porcentaje indicado y pasa a ser de 0,6742 kt/mill €. Para los escenarios 2 y 3, estos coeficientes serían 0,6708 y 0,6674 kt/mill €, respectivamente.

Los datos utilizados para calcular las emisiones asociadas a la mayor actividad del sector eléctrico han sido tomados de Arcos *et al.* (2018 b) y OMIE (2016).

RESULTADOS ↓

La Tabla 5 muestra los resultados que sobre el valor del output de los 63 sectores productivos tiene la introducción del automóvil eléctrico para los tres escenarios considerados. Para el escenario 3, en conjunto la economía española sufriría un descenso del output superior a los 200 millones de euros. Esta disminución es importante en los sectores de Refino de petróleo (-7,7%), Comercio y reparación de vehículos (-6,8%) y Vehículos de motor (-3,5%). Ello es así dado los supuestos de partida, una reducción del consumo de productos derivados del petróleo, una disminución del mantenimiento y reparación de vehículos de motor y de la fabricación de piezas y accesorios para vehículos, respectivamente. Sin embargo, a estos tres hay que añadirle el sector Industrias extractivas con una disminución del valor del output del 3,2%, arrastrado por el menor refino de petróleo.

Por el contrario, la mayoría de los sectores se ven favorecidos aunque este aumento no compense la caída del valor del output de los cuatro sectores anteriormente indicados. En cuanto a los sectores que ven aumentada su producción hay que destacar el sector eléctrico, con un aumento del 1,9%, dada la mayor demanda de electricidad por parte del nuevo parque de vehículos. En este aumento hay que señalar otros sectores como Alimentación, bebidas y tabaco, Servicios de alojamiento y restauración, Construcciones y

los Servicios de comercio, tanto mayorista como minorista.

Si se analiza el efecto sobre el empleo (Tabla 6), para el caso del escenario 3, la implantación del vehículo eléctrico supondría la creación de 38.800 puestos de trabajo, lo que supone un aumento del 0,2% respecto de la situación inicial. Sin embargo, aparecen ramas que sufren una pérdida de empleo. La principal rama afectada es el Comercio y reparación de vehículos y con una pérdida de 22.400 puestos de trabajo, lo que supone una disminución del 6,8%. Le siguen en esta disminución de empleo la Fabricación de vehículos con 5.600 puestos de trabajo, lo que representa una caída del 3,5% del empleo de la rama de actividad. En estas ramas afectadas por la disminución del empleo hay que señalar que el sector Refino de petróleo y la Industria extractiva presentan una pérdida de 1.400 puestos de trabajo en cada uno de ellos; pequeña en relación con la sufrida por las ramas anteriores dado el carácter intensivo en capital de éstas.

Aunque la pérdida de puestos de trabajo en los sectores afectados es importante se ve compensada por la creación de empleo en las restantes ramas de actividad, siendo destacables el Comercio (15.200 puestos de trabajo), Servicios de alojamiento y restauración (8.500), Servicios de los hogares (7.600), Agricultura, ganadería y caza (5.300) y Construcción (4.500).

La tercera de las variables estudiadas es el VAB a precios básicos donde, a diferencia del efecto que causa sobre la producción, la incorporación del vehículo eléctrico va a suponer un ligero aumento del mismo, en concreto y para el escenario 3, el incremento va a ser de 2.337,15 millones de euros, esto es, un 0,2% sobre el VAB inicial. La Tabla 7 muestra que las principales ramas de actividad que, por volumen de VAB, se ven favorecidas son Servicios inmobiliarios, Energía eléctrica y Servicios de alojamiento y restauración con un incremento de 582,1, 478,3 y 388,1 millones de euros, respectivamente. Otros sectores que experimentan una subida del VAB, aunque menor, con más de 200 millones de euros, son el Comercio mayorista y minorista y el sector de la construcción.

Los principales sectores afectados con una disminución del VAB son el Comercio y reparación de vehícu-

TABLA 5
EFFECTO SOBRE EL OUTPUT (EN MILLONES DE EUROS. SEPARACIÓN DE MILES EN , Y DECIMALES CON .)

	Inicial	Esc 1	Esc 2	Esc 3	Dif Esc 1	Dif Esc 2	Dif Esc 3
Agricultura, ganadería y la caza	46,902.6	47,082.4	47,175.3	47,266.1	179.8	272.7	363.5
Silvicultura	1,324.7	1,328.0	1,329.7	1,331.3	3.3	5.0	6.6
Pesca	3,461.1	3,473.4	3,479.7	3,485.9	12.3	18.6	24.8
Industrias extractivas	42,952.9	42,258.5	41,912.3	41,565.4	-694.4	-1,040.6	-1,387.5
Alimentación bebidas y tabaco	135,115.6	135,584.9	135,825.0	136,061.4	469.3	709.4	945.8
Textil	34,867.2	34,972.6	35,026.7	35,079.9	105.4	159.5	212.7
Madera y corcho y productos de madera	8,041.2	8,056.1	8,063.9	8,071.5	14.9	22.7	30.3
Papel y productos del papel	15,909.7	15,955.5	15,979.4	16,002.6	45.8	69.7	92.9
Impresión y de reproducción	9,995.1	10,009.2	10,016.4	10,023.5	14.1	21.3	28.4
Coque y productos de refino de petróleo	42,754.2	41,111.8	40,292.0	39,471.3	-1642.4	-2,462.2	-3,282.9
Productos químicos	61,736.3	61,826.1	61,873.9	61,919.8	89.8	137.6	183.5
Productos farmacéuticos	25,364.9	25,421.5	25,451.0	25,479.6	56.6	86.1	114.7
Productos de caucho y plásticos	24,154.5	24,138.4	24,129.7	24,121.5	-16.1	-24.8	-33.0
Otros productos minerales no metálicos	21,629.5	21,655.8	21,669.9	21,683.3	26.3	40.4	53.8
Prod. metalurgia y productos metálicos	52,441.2	52,462.6	52,472.7	52,483.3	21.4	31.5	42.1
Productos metálicos	35,016.1	35,026.0	35,030.5	35,035.3	9.9	14.4	19.2
Prod informáticos, electrónicos y ópticos	26,238.4	26,289.4	26,316.0	26,341.9	51.0	77.6	103.5
Equipo eléctrico	28,068.9	28,109.9	28,131.1	28,151.8	41.0	62.2	82.9
Maquinaria y equipo n.c.o.p.	31,935.7	31,955.8	31,967.0	31,977.5	20.1	31.3	41.8
Vehículos de motor, rem. y semirem.	69,728.3	68,547.1	67,904.8	67,297.0	-1181.2	-1,823.5	-2,431.3
Otro material de transporte	17,466.7	17,502.2	17,521.0	17,539.1	35.5	54.3	72.4
Muebles; otros productos manufacturados	21,186.0	21,234.4	21,259.2	21,283.6	48.4	73.2	97.6
Reparación e instalación de maquinaria	19,411.2	19,427.3	19,435.7	19,443.9	16.1	24.5	32.7
Energía eléctrica, gas, vapor y aire acond	79,913.4	80,689.7	81,078.1	81,466.4	776.3	1,164.7	1,553.0
Agua; tratamiento y distribución	7,836.6	7,852.6	7,860.7	7,868.7	16.0	24.1	32.1
Gestión de residuos	19,260.1	19,273.3	19,280.1	19,286.7	13.2	20.0	26.6
Construcciones y trabajos de construcción	216,290.2	216,577.7	216,729.2	216,875.5	287.5	439.0	585.3
Comercio y reparación de vehículos	27,767.3	26,826.1	26,355.0	25,884.2	-941.2	-1,412.3	-1,883.1
Servicios de comercio al por mayor	100,025.8	100,235.7	100,343.9	100,450.0	209.9	318.1	424.2
Servicios de comercio al por menor	75,636.1	75,830.6	75,928.8	76,026.4	194.5	292.7	390.3
Servicios de transporte terrestre	52,206.0	52,291.3	52,335.4	52,378.6	85.3	129.4	172.6
Servicios de transporte marítimo	3,017.9	3,021.2	3,022.9	3,024.5	3.3	5.0	6.6
Servicios de transporte aéreo	9,355.9	9,377.2	9,388.2	9,398.9	21.3	32.3	43.0
Servicios auxiliares del transporte	46,394.2	46,430.4	46,449.7	46,468.1	36.2	55.5	73.9
Servicios de correos y mensajería	4,636.9	4,646.0	4,650.7	4,655.3	9.1	13.8	18.4
Servicios de alojamiento y restauración	108,581.5	108,921.6	109,092.7	109,263.2	340.1	511.2	681.7
Servicios de edición	10,143.5	10,164.4	10,175.1	10,185.7	20.9	31.6	42.2
Servicios cinematográficos y similares	11,711.8	11,729.0	11,737.8	11,746.5	17.2	26.0	34.7
Servicios de telecomunicaciones	39,764.9	39,859.6	39,907.5	39,955.0	94.7	142.6	190.1
Servicios de programación y relacionados	28,111.4	28,159.2	28,184.5	28,208.9	47.8	73.1	97.5
Servicios financieros	44,319.1	44,390.5	44,427.0	44,462.9	71.4	107.9	143.8
Servicios de seguros	16,576.0	16,616.5	16,636.9	16,657.2	40.5	60.9	81.2

Auxiliares a los servicios financieros y s.	12,575.3	12,604.9	12,619.9	12,634.7	29.6	44.6	59.4
Servicios inmobiliarios	149,675.6	150,031.6	150,210.4	150,388.7	356.0	534.8	713.1
Servicios jurídicos y contables	31,296.4	31,316.9	31,327.8	31,338.2	20.5	31.4	41.8
Servicios arquitectura e ingeniería	29,092.0	29,116.0	29,128.6	29,140.8	24.0	36.6	48.8
Servicios de investigación y desarrollo	19,976.7	19,997.1	20,008.0	20,018.4	20.4	31.3	41.7
Publicidad y de estudio de mercado	17,238.6	17,241.4	17,243.1	17,244.6	2.8	4.5	6.0
Otros servicios profes, científicos y técns.	11,316.2	11,331.1	11,338.7	11,346.2	14.9	22.5	30.0
Servicios de alquiler	16,633.9	16,647.7	16,654.7	16,661.6	13.8	20.8	27.7
Servicios relacionados con el empleo	3,511.7	3,516.3	3,518.5	3,520.8	4.6	6.8	9.1
Servicios de agencias de viajes	11,007.6	11,040.5	11,057.3	11,073.9	32.9	49.7	66.3
Servicios de seguridad e investigación ...	44,027.9	44,085.6	44,115.4	44,144.5	57.7	87.5	116.6
Servicios de AAPP y defensa;	74,509.0	74,517.8	74,522.3	74,526.6	8.8	13.3	17.6
Servicios de educación	59,416.9	59,450.2	59,466.9	59,483.5	33.3	50.0	66.6
Servicios de atención sanitaria	73,327.4	73,376.8	73,401.6	73,426.3	49.4	74.2	98.9
Servicios sociales	20,427.1	20,446.0	20,455.5	20,464.9	18.9	28.4	37.8
Servicios artísticos y otros	19,855.7	19,892.9	19,911.6	19,930.3	37.2	55.9	74.6
Servicios deportivos, recreativos ...	15,665.5	15,690.8	15,703.6	15,716.3	25.3	38.1	50.8
Servicios prestados por asociaciones	5,975.8	5,977.5	5,978.4	5,979.3	1.7	2.6	3.5
Reparación de artículos de uso doméstico	2,574.3	2,580.1	2,583.0	2,585.8	5.8	8.7	11.5
Otros servicios personales	14,042.8	14,083.2	14,103.5	14,123.7	40.4	60.7	80.9
Servicios de los hogares	10,295.0	10,327.3	10,343.4	10,359.5	32.3	48.4	64.5
TOTAL	2,319,692.0	2,319,593.2	2,319,539.3	2,319,488.0	-98.8	-152.7	-204.0

Fuente: Elaboración propia

los, donde el descenso es de 972,5 millones de euros y Fabricación de vehículos de motor, con una disminución de 260,6 millones de euros. Otros sectores que disminuyen de manera notable, aunque no tan importante como los anteriores, son Industrias extractivas y Refino de petróleo, con un descenso de 105,5 y 31,6 millones de euros, respectivamente.

Uno de los principales beneficios del vehículo eléctrico, además de su eficiencia (Edwards *et al.*, 2011) y economía, son las menores emisiones de GEI a la atmósfera. Como se puede apreciar en la Tabla 9, y para el escenario 3, la disminución para el conjunto de los sectores económicos alcanzaría las 306,9 kt de CO_{2eq}, lo que supone una reducción respecto a las emisiones iniciales de un 0,1%. Pero el beneficio no termina aquí, dado que una gran parte del parque de automóviles, los turismos, pertenecen a las familias, por lo que la reducción de emisiones sería algo mayor, pudiendo alcanzar más de 8.400 kt de CO_{2eq} en conjunto.

El sector Refino de petróleo es el que presenta una disminución mayor alcanzando las 1,276.4 kt de CO_{2eq} consecuencia de una menor demanda de productos derivados del petróleo. Le siguen, en orden de importancia, el sector Transporte por carretera con una disminución de 595,9 kt de CO_{2eq} y la Industria extractiva con una reducción de 164,3 kt de CO_{2eq}. Otros sectores que ven reducir su consumo, aunque en me-

nor medida, son Fabricación de vehículos de motor y Comercio y reparación de vehículos con 58,2 y 55,5 kt de CO_{2eq}, respectivamente.

En sentido contrario, se observa que la mayoría de los sectores económicos aumentan su nivel de emisiones fruto de denominado efecto rebote, esto es, un menor gasto en determinados bienes y servicios supone un mayor poder de compra, lo que hace que el consumo de otros bienes aumente y, con ello, su producción y, consecuentemente, su nivel de emisiones.

El efecto rebote consiste en un inesperado aumento del consumo de energía debido a una reducción efectiva de su coste (Freire-González, 2017). Greening *et al.* (2000) y Sorrell (2007) identificaron tres tipos de efecto rebote provocados por una mejora de la eficiencia energética que abarataba el uso de un determinado bien o servicio. El escenario más adverso se denomina efecto «backfire» o detonador y está asociado a un efecto rebote de tal magnitud que el aumento del consumo energético derivado del efecto rebote supera a la reducción del consumo derivado de una mejora en la eficiencia energética (Saunders, 2000). Los resultados obtenidos descartan que la mayor penetración del coche eléctrico provoque un efecto rebote de la magnitud del tipo «backfire» si bien la mayor demanda de energía eléctrica suaviza la mitigación de emisiones de GEI asociadas a la disminución del consumo de combustibles derivados del petróleo.

TABLA 6
EFFECTO SOBRE EL EMPLEO (PUESTOS DE TRABAJO. SEPARACIÓN DE MILES EN , Y DECIMALES CON .)

	Inicial	Esc 1	Esc 2	Esc 3	Dif Esc 1	Dif Esc 2	Dif Esc 3
Agricultura, ganadería y la caza	688.5	691.1	692.5	693.8	2.6	4.0	5.3
Silvicultura	26.0	26.1	26.1	26.1	0.1	0.1	0.1
Pesca	38.6	38.7	38.8	38.9	0.1	0.2	0.3
Industrias extractivas	44.1	43.4	43.0	42.7	-0.7	-1.1	-1.4
Alimentación bebidas y tabaco	376.1	377.4	378.1	378.7	1.3	2.0	2.6
Textil	128.9	129.3	129.5	129.7	0.4	0.6	0.8
Madera y corcho y productos de madera	56.2	56.3	56.4	56.4	0.1	0.2	0.2
Papel y productos del papel	42.6	42.7	42.8	42.8	0.1	0.2	0.2
Impresión y de reproducción	84.3	84.4	84.5	84.5	0.1	0.2	0.2
Coque y productos de refinado de petróleo	17.8	17.1	16.8	16.4	-0.7	-1.0	-1.4
Productos químicos	123.2	123.4	123.5	123.6	0.2	0.3	0.4
Productos farmacéuticos	27.5	27.6	27.6	27.6	0.1	0.1	0.1
Productos de caucho y plásticos	110.1	110.0	110.0	109.9	-0.1	-0.1	-0.2
Otros productos minerales no metálicos	106.9	107.0	107.1	107.2	0.1	0.2	0.3
Prod. metalurgia y productos metálicos	81.8	81.8	81.8	81.9	0.0	0.0	0.1
Productos metálicos	360.3	360.4	360.4	360.5	0.1	0.1	0.2
Prod informáticos, electrónicos y ópticos	57.6	57.7	57.8	57.8	0.1	0.2	0.2
Equipo eléctrico	33.7	33.7	33.8	33.8	0.0	0.1	0.1
Maquinaria y equipo n.c.o.p.	210.1	210.2	210.3	210.4	0.1	0.2	0.3
Vehículos de motor, rem. y semirrem.	160.9	158.2	156.7	155.3	-2.7	-4.2	-5.6
Otro material de transporte	55.3	55.4	55.5	55.5	0.1	0.2	0.2
Muebles; otros productos manufacturados	105.3	105.5	105.7	105.8	0.2	0.4	0.5
Reparación e instalación de maquinaria	77.8	77.9	77.9	77.9	0.1	0.1	0.1
Energía eléctrica, gas, vapor y aire acond	43.3	43.7	43.9	44.1	0.4	0.6	0.8
Agua; tratamiento y distribución	47.5	47.6	47.6	47.7	0.1	0.1	0.2
Gestión de residuos	97.8	97.9	97.9	97.9	0.1	0.1	0.1
Construcciones y trabajos de construcción	1,650.0	1,652.2	1,653.3	1,654.5	2.2	3.3	4.5
Comercio y reparación de vehículos	330.5	319.3	313.7	308.1	-11.2	-16.8	-22.4
Servicios de comercio al por mayor	1,168.4	1,170.9	1,172.1	1,173.4	2.5	3.7	5.0
Servicios de comercio al por menor	1,986.3	1,991.4	1,994.0	1,996.5	5.1	7.7	10.2
Servicios de transporte terrestre	505.7	506.5	507.0	507.4	0.8	1.3	1.7
Servicios de transporte marítimo	12.6	12.6	12.6	12.6	0.0	0.0	0.0
Servicios de transporte aéreo	26.7	26.8	26.8	26.8	0.1	0.1	0.1
Servicios auxiliares del transporte	329.0	329.3	329.4	329.5	0.3	0.4	0.5
Servicios de correos y mensajería	85.6	85.8	85.9	85.9	0.2	0.3	0.3
Servicios de alojamiento y restauración	1,354.4	1,358.6	1,360.8	1,362.9	4.2	6.4	8.5
Servicios de edición	49.1	49.2	49.3	49.3	0.1	0.2	0.2
Servicios cinematográficos y similares	50.6	50.7	50.7	50.7	0.1	0.1	0.1
Servicios de telecomunicaciones	74.7	74.9	75.0	75.1	0.2	0.3	0.4
Servicios de programación y relacionados	239.4	239.8	240.0	240.2	0.4	0.6	0.8
Servicios financieros	242.5	242.9	243.1	243.3	0.4	0.6	0.8
Servicios de seguros	50.4	50.5	50.6	50.6	0.1	0.2	0.2
Auxiliares a los servicios financieros y s.	99.7	99.9	100.1	100.2	0.2	0.4	0.5

Servicios inmobiliarios	246.2	246.8	247.1	247.4	0.6	0.9	1.2
Servicios jurídicos y contables	480.8	481.1	481.3	481.4	0.3	0.5	0.6
Servicios arquitectura e ingeniería	300.8	301.0	301.2	301.3	0.2	0.4	0.5
Servicios de investigación y desarrollo	145.6	145.7	145.8	145.9	0.1	0.2	0.3
Publicidad y de estudio de mercado	182.2	182.2	182.2	182.3	0.0	0.0	0.1
Otros servicios profes, científicos y técns.	61.6	61.7	61.7	61.8	0.1	0.1	0.2
Servicios de alquiler	76.9	77.0	77.0	77.0	0.1	0.1	0.1
Servicios relacionados con el empleo	172.2	172.4	172.5	172.6	0.2	0.3	0.4
Servicios de agencias de viajes	37.7	37.8	37.9	37.9	0.1	0.2	0.2
Servicios de seguridad e investigación ...	1,102.5	1,103.9	1,104.7	1,105.4	1.4	2.2	2.9
Servicios de AAPP y defensa;	1,147.6	1,147.7	1,147.8	1,147.9	0.1	0.2	0.3
Servicios de educación	1,269.3	1,270.0	1,270.4	1,270.7	0.7	1.1	1.4
Servicios de atención sanitaria	916.8	917.4	917.7	918.0	0.6	0.9	1.2
Servicios sociales	423.1	423.5	423.7	423.9	0.4	0.6	0.8
Servicios artísticos y otros	323.7	324.3	324.6	324.9	0.6	0.9	1.2
Servicios deportivos, recreativos ...	247.4	247.8	248.0	248.2	0.4	0.6	0.8
Servicios prestados por asociaciones	115.7	115.7	115.8	115.8	0.0	0.1	0.1
Reparación de artículos de uso doméstico	52.6	52.7	52.8	52.8	0.1	0.2	0.2
Otros servicios personales	371.9	373.0	373.5	374.0	1.1	1.6	2.1
Servicios de los hogares	1,206.4	1,210.2	1,212.1	1,214.0	3.8	5.7	7.6
TOTAL	20,338.8	20,358.0	20,367.9	20,377.6	19.2	29.1	38.8

Fuente: Elaboración propia

El sector que, en mayor medida, contribuye negativamente a la reducción de las emisiones al medio es el sector eléctrico, donde el aumento alcanza las 1.172,5 kt de CO_{2eq}, fruto de la mayor demanda de energía eléctrica para atender al nuevo parque automovilístico.

Otro sector que ve incrementar su nivel de emisiones, muy alejado de los principales sectores afectados, es la Agricultura y ganadería, con un aumento de 314,2 kt de CO_{2eq}. También merecen ser destacados, aunque con un menor nivel de emisiones, Otros minerales no metálicos, Alimentación, bebidas y tabaco, Productos químicos y Transporte aéreo.

CONCLUSIONES ↓

Mediante un modelo Input-Output multisectorial medioambientalmente extendido se han calculado los impactos sobre el output, el empleo, el VAB y las emisiones de GEI de la penetración del coche eléctrico en España. Aunque el compromiso internacional suscrito por España establece una penetración de este tipo de vehículos del 20 % del parque total para 2030, el bajo nivel de penetración actual aconseja considerar escenarios menos ambiciosos. Este artículo ha considerado tres escenarios de penetración; 10 %, 15 % y 20 %.

Los resultados muestran un impacto mayoritariamente negativo sobre el output total que no com-

pensa el aumento en alguno de los sectores como el eléctrico que llega a aumentar en un 1,9 % en el escenario de mayor penetración. El impacto sobre el empleo neto es positivo y para el caso del escenario 3, la implantación del vehículo eléctrico supondría la creación de 38.800, a pesar de la destrucción de empleo registrada en los sectores del Comercio y reparación de vehículos, Fabricación de vehículos, el sector Refino de petróleo y la Industria extractiva. El impacto sobre el VAB es ligeramente positivo especialmente en los sectores de Servicios inmobiliarios, Energía eléctrica y Servicios de alojamiento y restauración.

Finalmente, los resultados descartan un efecto «backfire» o detonador sobre las emisiones de GEI de tal forma que la disminución de las mismas puede llegar a las 8.400 kt de CO_{2eq}.

Los resultados de esta investigación deben tomarse, no obstante con cautela debido a varias limitaciones. En primer lugar la TIO utilizada corresponde al año 2010 (última disponible). Algunos supuestos como no considerar el reemplazo del mercado interior por el exterior en los sectores directamente afectados resulta restrictivo. Futuras investigaciones podrían desarrollarse con tablas IO actualizadas convertidas en matrices de contabilidad social. También sería de interés la comparación de resultados derivados del uso de modelo IO medioambientalmente extendido con los derivados de modelos de equilibrio general dinámicos.

TABLA 7
EFFECTO SOBRE EL VALOR AÑADIDO BRUTO A PRECIOS BÁSICOS (MILL. DE EUROS. SEPARACIÓN DE MILES EN , Y DECIMALES CON .)

	Inicial	Esc 1	Esc 2	Esc 3	Dif Esc 1	Dif Esc 2	Dif Esc 3
Agricultura, ganadería y la caza	22,090.2	22,174.9	22,218.6	22,261.4	84.7	128.4	171.2
Silvicultura	986.8	989.2	990.5	991.7	2.4	3.7	4.9
Pesca	983.4	986.9	988.7	990.4	3.5	5.3	7.0
Industrias extractivas	3,266.8	3,214.0	3,187.7	3,161.3	-52.8	-79.1	-105.5
Alimentación bebidas y tabaco	23,511.7	23,593.4	23,635.1	23,676.3	81.7	123.4	164.6
Textil	4,357.8	4,371.0	4,377.7	4,384.4	13.2	19.9	26.6
Madera y corcho y productos de madera	1,821.0	1,824.4	1,826.1	1,827.9	3.4	5.1	6.9
Papel y productos del papel	3,018.1	3,026.8	3,031.3	3,035.7	8.7	13.2	17.6
Impresión y de reproducción	3,952.8	3,958.4	3,961.2	3,964.0	5.6	8.4	11.2
Coque y productos de refino de petróleo	411.9	396.1	388.2	380.3	-15.8	-23.7	-31.6
Productos químicos	7,383.1	7,393.8	7,399.6	7,405.0	10.7	16.5	21.9
Productos farmacéuticos	2,960.8	2,967.4	2,970.8	2,974.2	6.6	10.0	13.4
Productos de caucho y plásticos	5,017.9	5,014.6	5,012.8	5,011.0	-3.3	-5.1	-6.9
Otros productos minerales no metálicos	5,850.9	5,858.0	5,861.8	5,865.5	7.1	10.9	14.6
Prod. metalurgia y productos metálicos	5,810.6	5,813.0	5,814.1	5,815.3	2.4	3.5	4.7
Productos metálicos	8,339.7	8,342.1	8,343.1	8,344.3	2.4	3.4	4.6
Prod informáticos, electrónicos y ópticos	1,870.8	1,874.4	1,876.3	1,878.2	3.6	5.5	7.4
Equipo eléctrico	4,044.4	4,050.3	4,053.4	4,056.3	5.9	9.0	11.9
Maquinaria y equipo n.c.o.p.	5,151.8	5,155.0	5,156.9	5,158.5	3.2	5.1	6.7
Vehículos de motor, rem. y semirrem.	7,473.4	7,346.8	7,278.0	7,212.8	-126.6	-195.4	-260.6
Otro material de transporte	3,037.4	3,043.6	3,046.8	3,050.0	6.2	9.4	12.6
Muebles; otros productos manufacturados	4,378.2	4,388.2	4,393.3	4,398.4	10.0	15.1	20.2
Reparación e instalación de maquinaria	9,726.7	9,734.8	9,739.0	9,743.1	8.1	12.3	16.4
Energía eléctrica, gas, vapor y aire acond	24,614.2	24,853.3	24,973.0	25,092.5	239.1	358.8	478.3
Agua; tratamiento y distribución	3,773.5	3,781.2	3,785.1	3,789.0	7.7	11.6	15.5
Gestión de residuos	5,369.6	5,373.3	5,375.2	5,377.0	3.7	5.6	7.4
Construcciones y trabajos de construcción	88,117.8	88,234.9	88,296.6	88,356.2	117.1	178.8	238.4
Comercio y reparación de vehículos	14,339.3	13,853.3	13,610.0	13,366.8	-486.0	-729.3	-972.5
Servicios de comercio al por mayor	48,443.8	48,545.5	48,597.9	48,649.2	101.7	154.1	205.4
Servicios de comercio al por menor	48,631.9	48,757.0	48,820.1	48,882.9	125.1	188.2	251.0
Servicios de transporte terrestre	22,752.6	22,789.8	22,809.0	22,827.8	37.2	56.4	75.2
Servicios de transporte marítimo	924.7	925.7	926.2	926.7	1.0	1.5	2.0
Servicios de transporte aéreo	1,990.3	1,994.8	1,997.2	1,999.5	4.5	6.9	9.2
Servicios auxiliares del transporte	18,720.0	18,734.6	18,742.4	18,749.8	14.6	22.4	29.8
Servicios de correos y mensajería	2,500.6	2,505.5	2,508.0	2,510.5	4.9	7.4	9.9
Servicios de alojamiento y restauración	61,814.2	62,007.8	62,105.2	62,202.3	193.6	291.0	388.1
Servicios de edición	3,227.2	3,233.9	3,237.3	3,240.6	6.7	10.1	13.4
Servicios cinematográficos y similares	4,418.9	4,425.4	4,428.7	4,432.0	6.5	9.8	13.1
Servicios de telecomunicaciones	18,437.3	18,481.2	18,503.4	18,525.4	43.9	66.1	88.1
Servicios de programación y relacionados	14,186.7	14,210.8	14,223.6	14,235.9	24.1	36.9	49.2
Servicios financieros	28,846.1	28,892.6	28,916.3	28,939.7	46.5	70.2	93.6
Servicios de seguros	6,993.4	7,010.5	7,019.1	7,027.7	17.1	25.7	34.3

Auxiliares a los servicios financieros y s.	6,934.9	6,951.2	6,959.5	6,967.7	16.3	24.6	32.8
Servicios inmobiliarios	122,187.7	122,478.3	122,624.3	122,769.8	290.6	436.6	582.1
Servicios jurídicos y contables	18,204.6	18,216.5	18,222.8	18,228.9	11.9	18.2	24.3
Servicios arquitectura e ingeniería	13,363.8	13,374.8	13,380.6	13,386.2	11.0	16.8	22.4
Servicios de investigación y desarrollo	13,270.2	13,283.7	13,291.0	13,297.9	13.5	20.8	27.7
Publicidad y de estudio de mercado	6,995.2	6,996.3	6,997.0	6,997.6	1.1	1.8	2.4
Otros servicios profes, científicos y técnicos.	6,375.4	6,383.8	6,388.1	6,392.3	8.4	12.7	16.9
Servicios de alquiler	7,190.9	7,196.9	7,199.9	7,202.9	6.0	9.0	12.0
Servicios relacionados con el empleo	3,039.5	3,043.5	3,045.4	3,047.4	4.0	5.9	7.9
Servicios de agencias de viajes	2,490.3	2,497.8	2,501.5	2,505.3	7.5	11.2	15.0
Servicios de seguridad e investigación ...	27,212.6	27,248.3	27,266.7	27,284.7	35.7	54.1	72.1
Servicios de AAPP y defensa;	54,133.6	54,140.0	54,143.3	54,146.4	6.4	9.7	12.8
Servicios de educación	50,659.8	50,688.2	50,702.4	50,716.6	28.4	42.6	56.8
Servicios de atención sanitaria	48,500.2	48,532.9	48,549.3	48,565.6	32.7	49.1	65.4
Servicios sociales	13,368.2	13,380.6	13,386.8	13,393.0	12.4	18.6	24.8
Servicios artísticos y otros	11,173.0	11,194.0	11,204.5	11,215.0	21.0	31.5	42.0
Servicios deportivos, recreativos ...	7,949.2	7,962.0	7,968.5	7,975.0	12.8	19.3	25.8
Servicios prestados por asociaciones	2,562.1	2,562.8	2,563.2	2,563.6	0.7	1.1	1.5
Reparación de artículos de uso doméstico	1,337.2	1,340.2	1,341.7	1,343.2	3.0	4.5	6.0
Otros servicios personales	9,121.3	9,147.6	9,160.7	9,173.8	26.3	39.4	52.5
Servicios de los hogares	10,295.0	10,327.3	10,343.4	10,359.5	32.3	48.4	64.5
TOTAL	989,913.0	991,074.5	991,666.0	992,250.1	1,161.5	1,753.0	2,337.1

Fuente: Elaboración propia

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la ayuda de la Cátedra de Economía de la Energía y Medioambiente Universidad de Sevilla-REE. Ordóñez, Cansino y Román agradecen la ayuda del grupo de investigación SEJ-132 Teoría Económica y Economía Política y del Departamento de Análisis Económico y Economía Política de la Universidad de Sevilla. Cansino y Román agradecen también la ayuda de la Universidad Autónoma de Chile (Chile).

REFERENCIAS

Arcos-Vargas, A., Maza, J.Mª y Núñez, F. (2018 a). Propuestas para el fomento de la movilidad eléctrica: Barreras identificadas y medidas que se deberían adoptar. Real Academia de Ingeniería de España, Madrid.

Arcos-Vargas, A., Cansino, J. M., y Román-Collado, R. (2018 b). *Economic and environmental analysis of a residential PV system: A profitable contribution to the Paris agreement*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 94, 1024-1035.

Cansino, J. M., Sánchez-Braza, A., y Sanz-Díaz, T. (2018). *Policy Instruments to Promote Electro-Mobility in the EU28: A Comprehensive Review*. *Sustainability*, 10 (7), 1-27.

Cansino, J. M., e Yñiguez, R. (2018). *Promoting electro mobility in Spain. Public measures and main data (2007-2012)*. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 59, 325-345.

Club Español de la Energía. (2017). *Energía y ciudades*. Madrid.

Comisión de expertos sobre escenarios de transición energética. (2018). *Análisis y propuestas para la descarbonización*. Disponible en http://www6.mityc.es/aplicaciones/transicionenergetica/informe_cexpertos_20180402_veditado.pdf

Comisión Nacional de los mercados y de la competencia (2017). *Informe de supervisión de transporte ferroviario de mercancías. Año 2016*. (tomado de www.cnmc.es)

Dirección General de Tráfico (2011). *Anuario estadístico General 2010*. Accesible en www.dgt.es Última consulta, julio 2018.

Edwards, R., Larivé, J.F. y Beziat, J.C. (2011). *Well-to-wheels Analysis of Future Automotive Fuels and Powertrains in the European Context*, JRC Scientific and Technical Reports, Well-to-wheels Report, versión BC.

EEA (2015). *European Environmental Agency. Report N° 7/2015. Evaluating 15 years of transport and environmental policy integration – TERM 2015*.

Electromovilidad (2018). *Comparativa coche eléctrico vs combustión*. Accesible en www.electromovilidad.net Última consulta, julio 2018.

Freire-González, J. (2017). *Evidence of direct and indirect rebound effect in households in EU-27 countries*. *Energy Policy*, 102, 270-276.

Greening, L. A., Greene, D. L., y Difiglio, C. (2000). *Energy efficiency and consumption—the rebound effect—a survey*. *Energy policy*, 28(6-7), 389-401.

Instituto Nacional de Estadística (2017a). *Contabilidad Nacional Anual de España*. Marco Input-Output. Tablas

TABLA 8
EFFECTO SOBRE LA EMISIONES DE GEI (KT DE CO_{2EQ} - SEPARACIÓN DE MILES EN , Y DECIMALES CON .)

	Inicial	Esc 1	Esc 2	Esc 3	Dif Esc 1	Dif Esc 2	Dif Esc 3
Agricultura, ganadería y la caza	40,539.6	40,695.0	40,775.3	40,853.8	155.4	235.7	314.2
Silvicultura	68.2	68.4	68.5	68.5	0.2	0.3	0.3
Pesca	2,819.2	2,829.2	2,834.3	2,839.4	10.0	15.1	20.2
Industrias extractivas	5,085.6	5,003.4	4,962.4	4,921.3	-82.2	-123.2	-164.3
Alimentación bebidas y tabaco	6,982.7	7,007.0	7,019.4	7,031.6	24.3	36.7	48.9
Textil	784.3	786.7	787.9	789.1	2.4	3.6	4.8
Madera y corcho y productos de madera	887.5	889.1	890.0	890.8	1.6	2.5	3.3
Papel y productos del papel	3,172.5	3,181.6	3,186.4	3,191.0	9.1	13.9	18.5
Impresión y de reproducción	280.4	280.8	281.0	281.2	0.4	0.6	0.8
Coque y productos de refino de petróleo	16,623.5	15,984.9	15,666.2	15,347.1	-638.6	-957.3	-1,276.4
Productos químicos	12,125.9	12,143.5	12,152.9	12,161.9	17.6	27.0	36.0
Productos farmacéuticos	164.0	164.4	164.6	164.7	0.4	0.6	0.7
Productos de caucho y plásticos	836.8	836.2	835.9	835.7	-0.6	-0.9	-1.1
Otros productos minerales no metálicos	33,585.6	33,626.5	33,648.3	33,669.1	40.9	62.7	83.5
Prod. metalurgia y productos metálicos	13,975.1	13,980.8	13,983.5	13,986.3	5.7	8.4	11.2
Productos metálicos	1,288.7	1,289.1	1,289.2	1,289.4	0.4	0.5	0.7
Prod informáticos, electrónicos y ópticos	169.4	169.7	169.9	170.1	0.3	0.5	0.7
Equipo eléctrico	754.2	755.3	755.9	756.4	1.1	1.7	2.2
Maquinaria y equipo n.c.o.p.	725.7	726.2	726.4	726.6	0.5	0.7	0.9
Vehículos de motor, rem. y semirrem.	1,669.6	1,641.3	1,625.9	1,611.4	-28.3	-43.7	-58.2
Otro material de transporte	378.0	378.8	379.2	379.6	0.8	1.2	1.6
Muebles; otros productos manufacturados	552.0	553.3	553.9	554.5	1.3	1.9	2.5
Reparación e instalación de maquinaria	135.0	135.1	135.2	135.2	0.1	0.2	0.2
Energía eléctrica, gas, vapor y aire acond	60,332.8	60,918.9	61,212.1	61,505.3	586.1	879.3	1,172.5
Agua; tratamiento y distribución	197.5	197.9	198.1	198.3	0.4	0.6	0.8
Gestión de residuos	11,886.3	11,894.4	11,898.6	11,902.7	8.1	12.3	16.4
Construcciones y trabajos de construcción	1,552.3	1,554.4	1,555.5	1,556.5	2.1	3.2	4.2
Comercio y reparación de vehículos	818.2	790.5	776.6	762.7	-27.7	-41.6	-55.5
Servicios de comercio al por mayor	3,255.3	3,262.1	3,265.7	3,269.1	6.8	10.4	13.8
Servicios de comercio al por menor	3,084.3	3,092.2	3,096.2	3,100.2	7.9	11.9	15.9
Servicios de transporte terrestre	35,553.5	35,255.5	35,107.0	34,957.6	-298.0	-446.5	-595.9
Servicios de transporte marítimo	3,465.3	3,469.1	3,471.0	3,472.9	3.8	5.7	7.6
Servicios de transporte aéreo	6,314.2	6,328.5	6,336.0	6,343.2	14.3	21.8	29.0
Servicios auxiliares del transporte	927.4	928.1	928.5	928.9	0.7	1.1	1.5
Servicios de correos y mensajería	304.8	305.4	305.7	306.0	0.6	0.9	1.2
Servicios de alojamiento y restauración	2,175.2	2,182.0	2,185.4	2,188.9	6.8	10.2	13.7
Servicios de edición	45.5	45.6	45.6	45.7	0.1	0.1	0.2
Servicios cinematográficos y similares	316.7	317.2	317.4	317.6	0.5	0.7	0.9
Servicios de telecomunicaciones	172.0	172.4	172.6	172.8	0.4	0.6	0.8
Servicios de programación y relacionados	197.7	198.0	198.2	198.4	0.3	0.5	0.7
Servicios financieros	204.2	204.5	204.7	204.9	0.3	0.5	0.7
Servicios de seguros	113.6	113.9	114.0	114.2	0.3	0.4	0.6

Auxiliares a los servicios financieros y s.	228.0	228.5	228.8	229.1	0.5	0.8	1.1
Servicios inmobiliarios	176.5	176.9	177.1	177.3	0.4	0.6	0.8
Servicios jurídicos y contables	229.7	229.9	229.9	230.0	0.2	0.2	0.3
Servicios arquitectura e ingeniería	184.9	185.1	185.1	185.2	0.2	0.2	0.3
Servicios de investigación y desarrollo	6.3	6.3	6.3	6.3	0.0	0.0	0.0
Publicidad y de estudio de mercado	76.3	76.3	76.3	76.3	0.0	0.0	0.0
Otros servicios profes, científicos y técns.	63.8	63.9	63.9	64.0	0.1	0.1	0.2
Servicios de alquiler	1,238.3	1,239.3	1,239.8	1,240.4	1.0	1.5	2.1
Servicios relacionados con el empleo	12.1	12.1	12.1	12.1	0.0	0.0	0.0
Servicios de agencias de viajes	153.9	154.4	154.6	154.8	0.5	0.7	0.9
Servicios de seguridad e investigación ...	193.4	193.7	193.8	193.9	0.3	0.4	0.5
Servicios de AAPP y defensa;	2,425.0	2,425.3	2,425.4	2,425.6	0.3	0.4	0.6
Servicios de educación	1,349.6	1,350.4	1,350.7	1,351.1	0.8	1.1	1.5
Servicios de atención sanitaria	1,529.2	1,530.2	1,530.7	1,531.3	1.0	1.5	2.1
Servicios sociales	479.4	479.8	480.1	480.3	0.4	0.7	0.9
Servicios artísticos y otros	52.9	53.0	53.0	53.1	0.1	0.1	0.2
Servicios deportivos, recreativos ...	42.8	42.9	42.9	42.9	0.1	0.1	0.1
Servicios prestados por asociaciones	163.8	163.8	163.9	163.9	0.0	0.1	0.1
Reparación de artículos de uso doméstico	15.5	15.5	15.6	15.6	0.0	0.1	0.1
Otros servicios personales	141.7	142.1	142.3	142.5	0.4	0.6	0.8
Servicios de los hogares	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TOTAL	283,283.4	283,126.2	283,053.7	282,976.5	-157.2	-229.7	-306.9

Fuente: Elaboración propia

Input-Output 2010. Accesible en www.ine.es Última consulta, enero, 2018.

(2017b). Cuentas de emisiones a la atmósfera por ramas de actividad y hogares. Base 2010. Accesible en www.ine.es Última consulta, enero, 2018.

Leontief, W. (1966). *Input-Output Economics*, 2ª ed., New York, Oxford University Press.

Ministerio de Industria, Energía y Turismo (2015). Estrategia de Impulso del Vehículo con Energías Alternativas (2014-2020). Disponible en <http://www.minetad.gob.es/industria/es-ES/Servicios/estrategia-impulso-vehiculo-energias-alternativas/Documents/Estrategia-Impulso-Vehiculo-Energ%C3%A1das%20Alternativas-VEA-Espa%C3%B1a-2014-2020.pdf>

OMIE (2016). Informes mensuales 2016. Accesible en <http://www.omel.es/files/flash/ResultadosMercado.swf> Fecha de la consulta: agosto de 2017.

Saunders, H. D. (2000). *A view from the macro side: rebound, backfire, and Khazzoom*—Brookes. *Energy policy*, 28(6-7), 439-449.

Secretaría de Estado de Medio Ambiente (2018). Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero 1990-2016. Comunicación al Secretariado de la Convención Marco de NNUU sobre Cambio Climático. España. Accesible en www.mapama.gob.es Último acceso, enero, 2018.

Secretaría de Estado de Energía (2012). *La energía en España 2011*, Madrid. (www.minetad.gob.es)

Sorell, S. (2007). *The Rebound Effect: an assessment of the evidence for economy-wide energy savings from improved energy efficiency*. Project Report.

UNFCCC (2015). *Paris Declaration on Electro-Mobility and Climate Change & Call to Action*. Disponible en <https://unfccc.int/media/521376/paris-electro-mobility-declaration.pdf>