

IMPACTO ECONÓMICO, SOCIAL Y AMBIENTAL DE
MECANISMOS ALTERNATIVOS DE FINANCIACIÓN DE
LAS ENERGÍAS REVOVABLES EN EL SECTOR
ELÉCTRICO EN ESPAÑA

BC3 (Basque Centre for Climate Change)

Autores/as de BC3 que han participado en el estudio por orden alfabético:

Iñaki Arto

Xaquín García-Muros

Mikel González-Eguino

Cristina Pizarro-Irizar

Agradecimientos: Agradecemos los comentarios recibidos de José Arceluz, Nerea Cabarcos, y Alejandro Rodríguez, y la financiación recibida de Iberdrola.

Índice

0	Resumen ejecutivo.....	3
1	Introducción.....	7
1.1	<i>La promoción de las energías renovables.....</i>	7
1.2	<i>Los precios de la electricidad en España.....</i>	10
1.3	<i>Objetivo del estudio.....</i>	14
2	Metodología y datos.....	15
2.1	<i>Metodología.....</i>	15
2.2	<i>Datos.....</i>	16
3	Escenarios alternativos de financiación.....	18
3.1	<i>Financiación a través de los Presupuestos Generales del Estado.....</i>	18
3.2	<i>Impuesto sobre las emisiones CO₂.....</i>	19
3.3	<i>Impuesto sobre los distintos productores y distribuidores de energía.....</i>	20
4	Resultados.....	21
4.1	<i>Impactos macroeconómicos y ambientales.....</i>	21
4.2	<i>Impacto sectorial y evolución de la electrificación y la intensidad energética.....</i>	26
4.3	<i>Efectos distributivos sobre los distintos grupos de hogar.....</i>	30
4.4	<i>Análisis de bienestar social.....</i>	34
4.5	<i>Los sistemas de financiación en términos comparativos.....</i>	36
4.6	<i>Análisis de Sensibilidad.....</i>	38
5	Conclusiones.....	40
6	Referencias bibliográficas.....	43
7	Anexo A: Metodología.....	46
7.1	<i>Estructura del modelo de equilibrio general.....</i>	46
7.2	<i>Modelo de demanda casi ideal (AIDS por sus siglas en inglés) y su estimación.....</i>	48
8	Anexo 3: Función de bienestar social.....	51

Índice de Tablas

Tabla Resumen. Variaciones Porcentuales de los Resultados principales	4
Tabla 3.1. Tres alternativas para financiar la promoción de las energías renovables	19
Tabla 4.1. Valor añadido de los sectores sobre el PIB (%)	29
Tabla 4.2. Variaciones (%) en principales magnitudes analizadas.....	40
Tabla A.1. Estimación del AIDS	51

Índice de Figuras

Figura 1.1 Precio de la electricidad para los países de la UE-27 tanto para hogares (izq.) y empresas de tamaño medio (drcha.)	12
Figura 1.2 Evolución de los costes regulados del sector eléctrico 2001-2016 (M€)	14
Figura 2.1 Vinculación entre el modelo de equilibrio general y el modelo de microsimulación ..	18
Figura 4.1 Variación del PIB y de la tasa de paro.....	23
Figura 4.2 Variación % en las emisiones de CO ₂ , NO _x , SO ₂ y PM _{2.5}	25
Figura 4.3 Comparación entre las variaciones en el PIB y el PIB-verde.....	27
Figura 4.4 Variación en la demanda de los sectores productivos (en %)	28
Figura 4.5 Demanda energética en 2014 y por sistema de financiación.....	30
Figura 4.6 Variación en la intensidad energética y la intensidad eléctrica	31
Figura 4.7 Variación en el Bienestar. Variación equivalente de bienestar (%). Por grupo de ingresos.....	32
Figura 4.8 Consumos energéticos por hogar en términos relativos (% sobre el consumo total)	33
Figura 4.9 Impactos en el bienestar por tipo de hogar (%VE)	35
Figura 4.10 Impactos en el bienestar social.....	36
Figura 4.11 Ranking de cada escenario por criterio	38
Figura A.1 Anidación de la producción (Excepto combustibles fósiles)	47
Figura A.2 Anidación de combustibles fósiles	48
Figura A.3 Armington anidación	48

0 Resumen ejecutivo

Este estudio realizado por el Basque Centre for Climate Change (BC3) tiene como objetivo analizar los impactos económicos, sociales y ambientales de mecanismos de financiación de las energías renovables alternativos al actual sistema en el que los costes se trasladan de forma íntegra a la factura eléctrica que pagan los consumidores finales. Los costes regulados asociados a la retribución de las energías renovables, que incluyen la cogeneración y residuos, conocida como retribución RECORE, han crecido de forma importante en los últimos años, llegando en 2016 a alcanzar los 6.726 M€, el 39% de todos los costes regulados.

Diversos agentes económicos y sociales han recomendado explorar vías alternativas de financiación con el objetivo de favorecer la competitividad de las industrias electro-intensivas (CEOE, 2014) y de corresponsabilizar al resto de los sectores económicos en la descarbonización y en el objetivo conjunto en materia de renovables (Fundación Renovables, 2017). El reciente Informe de Expertos (IE 2018) también recomendaba avanzar en esa dirección. En dicho informe se propone reducir los impuestos asociados a la generación de electricidad y aumentar los impuestos sobre los carburantes manteniendo la presión fiscal constante. Finalmente, el último informe anual del Defensor del Pueblo (IDP 2018) recogía medidas como la reducción del IVA en la electricidad, preocupado por los efectos del aumento del precio de este bien básico en materia de pobreza energética, y sin menoscabo de otras medidas orientadas a garantizar el buen funcionamiento del mercado eléctrico.

En el estudio se analizan tres mecanismos de financiación alternativos para los costes RECORE de las renovables:

- a) **Escenario PGE.** Traspasar los costes a los Presupuestos Generales del Estado. Estos costes serían financiados con un incremento proporcional en el resto de impuestos directos e indirectos de forma que el gasto público y el déficit público permanezcan constantes,
- b) **Escenario Energía.** Repartir los costes de forma proporcional al consumo final de energía incluyendo petróleo, gas, carbón y electricidad. De esta forma, se aplicaría un cierto principio de corresponsabilidad, ya que todos los sectores energéticos participarían en función de su participación en el mix energético. Este mecanismo se canalizaría mediante un impuesto al consumo final de bienes energéticos en función de su participación en el mix energético.
- c) **Escenario CO2.** Financiar los costes mediante un impuesto sobre el CO₂ para todos los sectores de la economía, incluidos los sectores difusos. Esto permitiría favorecer la descarbonización y homogeneizar el precio para el CO₂ en toda la economía, lo que evitaría distorsiones. Los sectores sujetos al Sistema Europeo de Comercio de Emisiones (EU-ETS) obtendría una

deducción por la diferencia entre el precio del CO₂ en el ETS y el nuevo impuesto.

Para analizar estas alternativas hemos utilizado un modelo de equilibrio general computable que incluye las interrelaciones sectoriales a través de las Tablas Input Output y un modelo de micro-simulación que incluye información detallada de los 20.000 hogares incluidos en la Encuesta de Presupuestos Familiares. Esta metodología permite estimar de forma integrada los impactos económicos y sectoriales, los impactos ambientales y también su incidencia en diferentes grupos socio-económicos.

La metodología utilizada, aunque adecuada para el análisis a realizar, tiene dos limitaciones. En primer lugar, el modelo no incluye todos los impuestos de la economía. Un mayor detalle podría cambiar ligeramente la capacidad de recaudación de cada impuesto y el impacto global de las medidas. En segundo lugar, el modelo no captura el funcionamiento marginalista del sector eléctrico. Esto puede llevar a infravalorar la reducción de emisiones de CO₂ y otros contaminantes atmosféricos, especialmente en el caso de los impuestos al CO₂ que podrían cambiar el orden de mérito entre carbón y gas. Del mismo modo, el escenario de impuesto al CO₂ no puede recoger el aumento de la retribución obtenida por otras tecnologías ante el aumento del coste inducido por el CO₂. Estos aspectos quedan fuera del análisis de este trabajo,

En base al análisis y las limitaciones encontradas podemos destacar las siguientes conclusiones, cuyos resultados principales se recogen en la Tabla Resumen y que a continuación se enumeran:

Tabla Resumen. Variaciones Porcentuales de los Resultados principales.

	Escenarios de Financiación Alternativos		
	PGE	Energía	CO2
PIB (%)	0,17	0,05	0,10
Tasa de paro (%)	-0,57	-0,51	-0,18
Intensidad Energética (%)	2,27	-0,54	-0,95
Emisiones CO2 (%)	1,30	-3,10	-14,80
Consumo, 20% más pobre (%)	0,68	0,39	0,39
Consumo, 20% más rico (%)	0,17	0,01	0,05
Co-beneficios en salud (M€)	32,1	132,5	277,6

1. Los impactos macroeconómicos son pequeños pero positivos en todos los escenarios. Modificar el sistema de recaudación de 6.676 M€ en una economía de 1 billón € tiene efectos limitados. Se observa un ligero aumento del PIB, entre 0,05% y 0,17%, y una disminución de la tasa de paro, entre -0,018% y -0,51%. El escenario PGE es el que mayor impacto positivo a nivel

macroeconómico genera ya que la recaudación se traslada al conjunto de los impuestos, lo que reduce la distorsión global del sistema impositivo en comparación con el sistema actual.

2. Los impactos sectoriales no son sustanciales en ningún escenario. En todos los escenarios la bajada del precio de la electricidad favorece la producción del sector eléctrico, mientras que el incremento de costes en los sectores de combustibles fósiles e intensivos en consumo de energía fósil conlleva reducciones en su producción, especialmente en los escenarios Energía y CO₂. Sin embargo, las industrias electro-intensivas, como la siderurgia y la metalurgia, aumentarían su producción favorecidas por la reducción de los precios de la electricidad.
3. Los impactos ambientales varían notablemente dependiendo de cada escenario. En el escenario PGE dado que la actividad aumenta y no existe ningún gravamen energético-ambiental adicional, la intensidad energética también aumenta y con ello las emisiones de CO₂ suben un 1,3%. En cambio, en el escenario Energía los combustibles fósiles aumentan de precio, se reduce el consumo de energía, y como consecuencia de esto las emisiones de CO₂ caen un 3,1%. Sin embargo, el cambio más sustancial se observa en el escenario CO₂, donde las emisiones de CO₂ se reducen un 14,8%. Si el objetivo principal es encontrar un mecanismo de financiación que favorezca la descarbonización y la electrificación, no habría duda de qué mecanismo aplicar.
4. La reducción del consumo de energía y emisiones de CO₂ lleva aparejado un importante co-beneficio en términos de salud pública asociado a la reducción de los contaminantes atmosféricos. El estudio muestra una reducción de las emisiones de NOX, SO₂ y partículas finas (PM_{2.5}), contaminantes que están detrás de los principales daños en la salud. Si valorásemos esas reducciones como daños evitados en base a los costes externos, se obtendría un co-beneficio de entre 32 M€ en el escenario PGE y 277 M€ en el escenario CO₂.
5. Los escenarios alternativos propuestos son, sin lugar a dudas, más progresivos si se comparan con el sistema de financiación actual, ya que para los hogares de renta baja el consumo eléctrico supone un porcentaje de gasto muy superior sobre su renta. Como se muestra en la tabla resumen, el consumo (bienestar) de los hogares en el quintil de menor renta aumentan entre 0,39% y 0,68%, mientras que del quintil más rico aumenta, pero de forma muy modesta, entre un 0,01% y 0,17%. Además, las alternativas propuestas tienen impactos especialmente positivos en grupos sociales vulnerables, como las familias monoparentales y los jubilados que viven solos. El escenario que más favorece la progresividad es el escenario PGE ya que los impuestos en su conjunto favorecen la redistribución de la renta y son netamente progresivos.

En resumen, aunque ninguna de las alternativas es mejor en todas las dimensiones, sí observamos que los escenarios CO₂ y Energía pueden generar sinergias muy positivas en favor de una transición energética libre de carbono, mientras que el escenario PGE podría favorecer más la eficiencia del sistema impositivo y la redistribución de la renta.

1 Introducción

1.1 *La promoción de las energías renovables*

La promoción de las energías renovables ocupa un lugar destacado en la agenda energética y climática de la mayoría de países del mundo, siendo éste uno de los instrumentos centrales, junto con la eficiencia energética, para avanzar en la senda de la “descarbonización” de la economía. En este sentido, las contribuciones¹ nacionales remitidas por los gobiernos a Naciones Unidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y para avanzar en el cumplimiento del Acuerdo de París recogen, en su mayoría, objetivos específicos en materia de promoción de las energías renovables. Estos objetivos son además cada vez más ambiciosos habida cuenta de la enorme reducción de costes² que han experimentado estas tecnologías en los últimos años (IRENA 2018a) y que ha hecho posible que en 2017 el 80% de toda la inversión en nueva generación eléctrica a nivel global haya ido a parar hacia las energías renovables (REN21 2018). Además, son ampliamente conocidos sus efectos positivos en otras áreas destacadas de la agenda política como la mejora de la seguridad de suministro (IPCC 2012, IRENA 2016) o de la calidad del aire³ (OMS 2017, Markandya et al 2018).

¹ La contribución de cada país o NDCs (National Determined Contributions), por sus siglas en inglés puede consultarse aquí: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/nationally-determined-contributions-ndcs>

² Según la Agencia Internacional de las Energías Renovables (IRENA 2018a), los costes medios de la solar fotovoltaica y la eólica terrestre se han reducido desde 2010 y un 73% y un 25% respectivamente. Según IRENA la eólica es “una de las fuentes más competitivas para nueva generación de electricidad”. Además, los resultados de las subastas de capacidad de generación de energía renovable en todo el mundo para proyectos en los próximos años indican que las reducciones de costes continuarán produciéndose en el futuro.

³ Las renovables, cuando sustituyen a las fuentes más contaminantes de generación de electricidad como son las centrales de carbón, reducen enormemente las emisiones de dióxido de azufre (SO₂). Además, a medida que la electrificación llega al sector transporte y los vehículos de motor de combustión son sustituidos por vehículos eléctricos, se reducen también las emisiones de óxido nitroso

La Unión Europea (UE) ofrece un excelente ejemplo de ambición en materia de energías renovables⁴. El paquete Energía y Clima 2030 (CE 2014), que tenía como objetivo pasar del 17% de renovables de la demanda final en 2015 al 27% en 2030, ha elevado dicho objetivo recientemente hasta el 32% en el curso de las negociaciones asociadas al “Paquete de Invierno” (CE 2016). Según la Comisión Europea, con este nuevo objetivo (y el de eficiencia energética que ha sido elevado al 32,5%) la UE estaría en la senda de cumplir con el objetivo de reducir las emisiones de GEI un 40% con respecto a 1990 para 2030 (CE 2011). Un reciente informe de IRENA (2018b) señalaba además que estos objetivos pueden alcanzarse de forma rentable. La implementación de todas las opciones identificadas por IRENA supondría un ahorro neto para la UE estimado en 25.000 millones de dólares anuales para 2030, ya que los ahorros de las opciones más baratas compensan los costes adicionales de las alternativas más caras. Además, el estudio señala que si se incluyen los daños a la salud evitados el ahorro podría alcanzar los 133.000 millones de dólares anuales.

Sin embargo, también existe una preocupación sobre el impacto económico negativo que puede tener la promoción de las energías renovables, especialmente las inversiones realizadas en la última década en la que los costes eran más elevados. En el pasado los costes de las renovables eran superiores a los de otras tecnologías por lo que se introdujeron instrumentos para su promoción. El instrumento más habitual para promocionar las energías renovables ha sido la inclusión de primas específicas para cada tecnología, lo que garantizaban un precio fijo a largo plazo, junto con la obligación de comprar toda la producción proveniente de estas tecnologías. La diferencia entre las primas y el precio mayorista de la electricidad se contabiliza como

(NOX) y, en cierta medida, las emisiones de partículas fina (PM10 y PM2.5) que generan también un importante daño a la salud según la Organización Mundial de la salud

⁴ En solo una década la proporción de electricidad producida a partir de fuentes de energía renovables en la UE creció del 14,8% en 2005 al 28,8% en 2015 (Eurostat, 2017).

subsidios a las energías renovables y se paga, generalmente, como un recargo incluido en el precio minorista de la electricidad.

Estas subvenciones han contribuido en términos generales⁵ a aumentar los precios finales de la electricidad (ver Trujillo et al 2018), lo que ha generado un debate sobre cuál es la forma más adecuada de financiar la promoción de las energías renovables. Este hecho también ha comenzado a recibir la atención de la comunidad científica en los últimos años (Schmalensee, 2012; Neuhoff et al., 2013; Ciarreta et al., 2014; Artigues et al., 2015, Böhringer et al., 2018).

Otro aspecto importante en relación a los objetivos de renovables es la distribución del esfuerzo por sectores. El sector eléctrico es el sector que más ha contribuido en España al objetivo en 2020 de alcanzar una participación del 20% de renovables en la demanda final de energía. Las energías renovables representan ya en el sector eléctrico el 36%, mientras que en el sector transporte y calefacción representaban tan solo un 5% y un 17%, respectivamente. Aunque es lógico que el despliegue de las renovables tenga lugar allí donde las tecnologías sean más maduras y sus costes menores, también es oportuno plantearse cuál es el mejor medio para financiar su promoción y cuáles son las implicaciones que tienen sobre el conjunto de la sociedad. Además, la introducción de mayores niveles de renovables en el sector eléctrico genera múltiples externalidades positivas ya que permite descarbonizar la economía en su conjunto a través de la electrificación de muchos de los usos energéticos.

Diversas empresas y agentes sociales han recomendado explorar vías alternativas de financiación de las renovables como medida para evitar una pérdida de

⁵ Aunque la promoción de las renovables no ha sido el único factor causante del aumento del precio de la electricidad ocurrido en los últimos años, su efecto en el precio sí ha sido positivo según Trujillo et al (2018). El efecto neto de las subvenciones a las renovables sobre el precio final de la electricidad necesita no obstante considerar no solo el aumento de costes que generan dichas subvenciones, sino también el efecto depresor en los precios que se produce en el mercado mayorista ya que estas tecnologías se caracterizan por tener un coste variable o marginal muy bajo (Sáenz de Miera et al 2008).

competitividad (CEOE, 2014). También es una de las propuestas de la Fundación Renovables (FR 2017), como medida para corresponsabilizar al sector del petróleo y el gas en el proceso de descarbonización y electrificación de la economía. En este mismo sentido se ha pronunciado el reciente Informe de Expertos (IE 2018), elaborado a petición del Gobierno de España y publicado en marzo de 2018, para informar sobre la futura ley de Cambio Climático y Transición Energética. Este informe recomienda, por un lado, reducir los impuestos energéticos asociados a la generación de electricidad y, por otro, aumentar los impuestos sobre los carburantes de forma que el nivel de recaudación o la presión fiscal permanezcan constante.

Todo ello ha coincidido en un momento en el que existe una creciente preocupación en la sociedad española sobre el aumento experimentado en la factura de la luz en los últimos años y el impacto que esto ha tenido sobre los hogares más vulnerables y en riesgo de pobreza. En este sentido, el último Informe de Defensor del Pueblo (IDP 2018) incluye, entre varias de las medidas o recomendaciones destinadas a abordar el problema de la pobreza energética, la reducción del Impuesto del Valor Añadido (IVA) aplicado sobre la electricidad, de forma que pase del tipo general del 21% actual al tipo superreducido del 4%. Esta misma propuesta ha sido lanzada recientemente por la plataforma Change.org⁶ y ha logrado cerca de 500.000 firmas de apoyo.

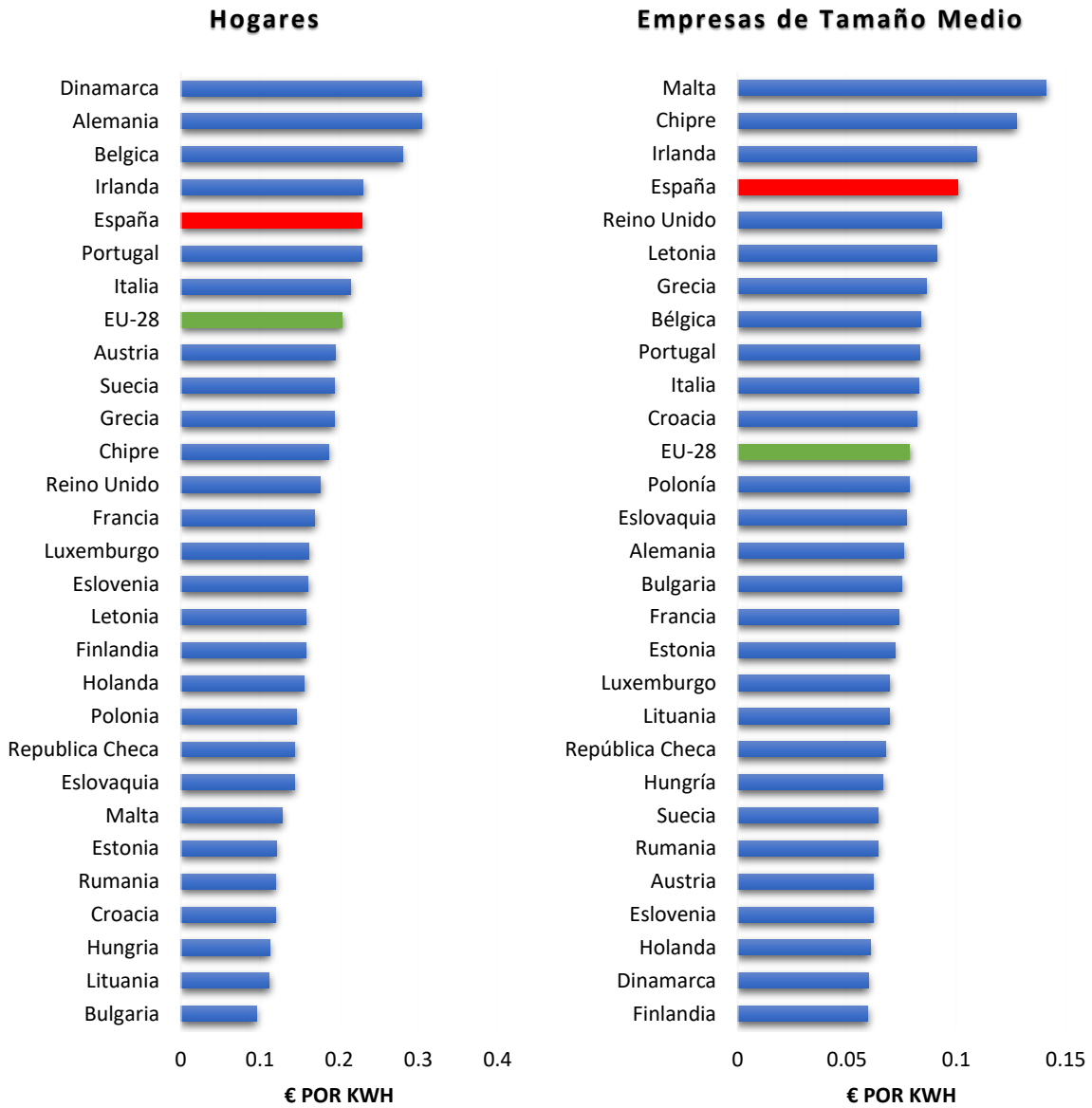
1.2 Los precios de la electricidad en España

Los precios de la electricidad en España han aumentado significativamente en la última década. Según Eurostat (2018), el precio medio anual de la electricidad en España para los hogares aumentó entre 2006 a 2017 un 100% (de 0,114 a 0,229 € por kWh) y para la industria de tamaño medio un 40% (de 0,072 a 0,101 € por kWh). El precio que pagan los hogares es aproximadamente el doble que del que pagan las

⁶ <https://www.change.org/p/laluznoesunlujo-p%C3%ADdele-al-gobierno-que-rebaje-el-iva-de-la-luz-al-tipo-s%C3%BAperreducido>

empresas de tamaño medio, lo que indica que el coste de financiación de las renovables es soportado además en mayor medida por los hogares.

Figura 1.1. Precio de la electricidad para los países de la UE-27 tanto para hogares (izq.) y empresas de tamaño medio (drcha.).



La figura 1.1 recoge el precio de la electricidad para los países de la UE-27 tanto para las empresas de tamaño medio como para los hogares. Como se observa, el precio pagado en 2017 por los hogares en España es el quinto más alto de la UE-27, solo superado por Dinamarca, Alemania, Bélgica e Irlanda. En el caso de las empresas de tamaño medio el precio es el cuarto más alto de la UE-28, solo superado por Malta, Chipre e Irlanda.

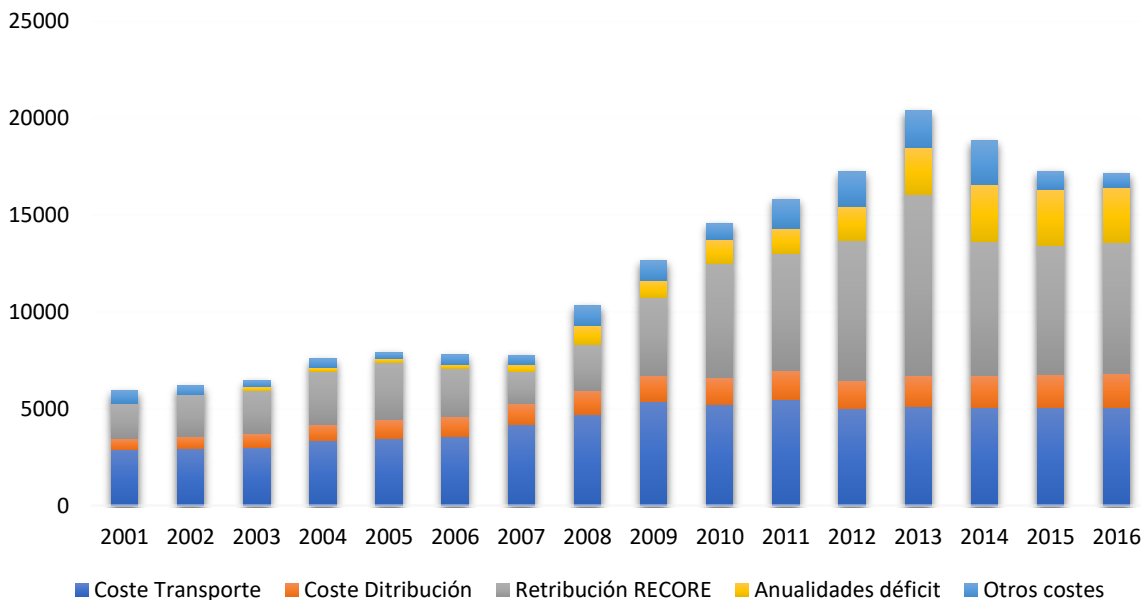
El precio de la electricidad de los consumidores finales en España incluye los siguientes tres conceptos principales:

1. Coste de energía: recoge los costes asociados a la generación en el mercado de electricidad, así como otros costes asociados como son los pagos por capacidad o los costes de comercialización.
2. Tarifas de acceso: incluye los costes del transporte y distribución, así como otros costes regulados, entre los que se incluyen los costes de financiación de las renovables y las anualidades del déficit de tarifa.
3. Impuestos: incluye el impuesto de valor Añadido (IVA) y el Impuesto Especial de Electricidad (IEE). Ambos se gravan sobre el valor de la suma de los dos conceptos anteriores.

La Figura 1.2 recoge la evolución de los costes de las tarifas de acceso desde 2001 hasta 2016. Los costes regulados asociados a la retribución de las energías renovables, cogeneración y residuos, conocidos como retribución RECORE, han crecido de forma importante en los últimos años. Ante este incremento, en 2014 se instauró un nuevo régimen jurídico y económico de la actividad de producción eléctrica mediante energías renovables, cogeneración y residuos a través del Real Decreto 413/2014 (actualmente en vigor) al que se suma la Orden IET/1045/2014 en la que se aprueban

unos nuevos parámetros retributivos⁷ para estas instalaciones. Aunque los costes de la financiación de las renovables deberían ir en paulatino descenso, en la actualidad suponen una cantidad elevada y que alcanza el 39% de todos los costes regulados. Según los últimos datos, este coste supuso 6.726 M€ en 2016.

Figura 1.2. Evolución de los costes regulados del sector eléctrico 2001-2016 (M€).



La regulación relativa al mecanismo de fijación de precios minoristas también ha sufrido diversos cambios en los últimos años. El fuerte crecimiento de los precios del mercado diario durante los años 2005 y 2006 (más de un 50 por 100 con respecto a 2004) empujó el paso de los consumidores del mercado libre a la tarifa regulada, ya que ésta se encontraba muy por debajo, provocando un aumento del déficit tarifario. En consecuencia, a través de la Orden ITC/400/2007 se implementaron las subastas

⁷ Este sistema se basa en el principio de rentabilidad razonable sobre una serie de instalaciones tipo, en el que se incluye una retribución específica que incluye una retribución a la inversión y una retribución a la operación de las plantas. En el caso de nuevas instalaciones, a partir de la Ley 24/2013 se ha establecido un mecanismo de subastas para determinar la reducción del valor estándar de la inversión inicial de cada instalación tipo de referencia, con el que se obtiene el valor estándar de la inversión inicial de la instalación tipo.

CESUR. Estas subastas, de periodicidad trimestral, eran un mecanismo destinado a la compra de energía para aquellos consumidores que habían optado por la tarifa regulada denominada Tarifa de Último Recurso (consumidores con una potencia contratada igual o menor a 10 KW). Este sistema estuvo en vigor hasta el año 2013. Posteriormente, el Real Decreto 216/2014 estableció una nueva metodología de cálculo de los Precios Voluntarios para el Pequeño Consumidor (PVPC) de energía eléctrica y su régimen jurídico de contratación, actualmente en vigor. El PVPC representa el precio máximo que puede cobrar un comercializador de referencia a los consumidores que se acojan a dicho precio (ver artículo 17 de la Ley 24/2013). La diferencia de este sistema con respecto a los anteriores es que por primera vez el precio minorista se encuentra ligado al precio del mercado mayorista, a través de una fórmula que incluye distintos perfiles de usuarios.⁸

1.3 Objetivo del estudio.

En este contexto, este estudio tiene como objetivo analizar los impactos económicos, sociales y ambientales de formas alternativas de financiación de las energías renovables en el sector eléctrico distintos al actual mediante su traslado íntegro a la factura eléctrica que pagan los consumidores, ya sean estos hogares o empresas.⁹

En este estudio se analizan tres mecanismos de financiación alternativos: i) traspaso de los costes a los Presupuestos Generales del Estado (PGE), ii) financiación mediante un impuesto al CO₂ para todos los sectores de la economía, incluidos los sectores difusos (no sujetos al Sistema Europeo de Comercio de Emisiones, EU-ETS) y iii) reparto de dichos costes proporcionalmente al consumo final de energía por fuente.

⁸ Más información sobre la evolución de los mecanismos de fijación de precio minorista en España en Ciarreta y Pizarro-Irizar (2014).

⁹ El estudio se centra únicamente en analizar las implicaciones de posibles vías de financiación de las renovables alternativas a la factura eléctrica y no es su objetivo abordar otros aspectos relacionados con los mecanismos de diseño de la promoción de las renovables o el funcionamiento del mercado eléctrico.

Para analizar estas alternativas hemos utilizado un modelo de equilibrio general computable y un modelo de micro-simulación de forma integrada (Garcia-Muros et al. 2017), lo que permite estimar los impactos económicos y sectoriales, su incidencia en los diferentes grupos sociales y sus implicaciones ambientales.

El trabajo se organiza como sigue. En la sección 2 se explican brevemente el método y los datos utilizados. En la sección 3 se presentan los escenarios de financiación alternativos. En la sección 4 se analizan los resultados, estudiando el impacto macroeconómico y la incidencia en diferentes sectores y grupos socioeconómicos, y se realiza un análisis de sensibilidad. Finalmente, en la sección 5 se recogen las principales conclusiones del estudio.

2 Metodología y datos

2.1 Metodología

Para obtener un análisis adecuado del impacto económico y social de las diferentes alternativas para financiar la promoción de renovables en España se ha utilizado un modelo macroeconómico y un modelo microeconómico de forma integrada (figura 2.1). Más concretamente, se ha integrado un modelo multisectorial de Equilibrio General Computable (CGE, por sus siglas en inglés) y un modelo de microsimulación (MS). La integración de ambas metodologías permite estimar los impactos económicos y su incidencia en los diferentes grupos económicos y sociales, además de capturar las posibilidades tecnológicas de sustitución entre inputs productivos y los cambios de comportamiento en el consumo ante el cambio en los precios. Una formulación detallada de este tipo de modelos y su integración puede encontrarse en Garcia-Muros et al. (2017). A continuación, se explican de forma breve ambos modelos.

El modelo CGE captura las relaciones de toda la economía en conjunto. La producción se basa en funciones de coste con elasticidades de sustitución constantes (CES por sus siglas en inglés), las cuales describen el efecto de los precios en la sustitución

entre los inputs: capital, trabajo, energía y materiales de producción. Por otro lado, el consumo privado está determinado por un hogar representativo, el cual maximiza su utilidad sujeta a un presupuesto limitado. El agente representativo recibe ingresos de tres fuentes distintas: trabajo, capital y transferencias. El comercio internacional sigue un enfoque Armington, donde los bienes domésticos y extranjeros son productos heterogéneos. Por último, el modelo incorpora las emisiones de CO₂, NO_x, PM_{2.5} y SO₂ mediante coeficientes asociados al uso de combustibles fósiles. De este modo, las emisiones de un sector pueden reducirse mediante la sustitución de inputs.

El modelo MS captura el comportamiento de los consumidores y provee una imagen detallada de los efectos de sustitución entre consumos ante cambios en los precios (elasticidades-precio y elasticidades-renta). Más concretamente, para estimar la demanda de los consumidores, se ha utilizado un modelo AIDS ("Sistema de Demanda Casi Ideal", Deaton y Muellbauer 1980), y cuya principal ventaja es que permite realizar una aproximación lineal a un sistema de demanda. Además, este modelo satisface los axiomas de la teoría del consumidor y no impone restricciones sobre la función de utilidad.

2.2 Datos

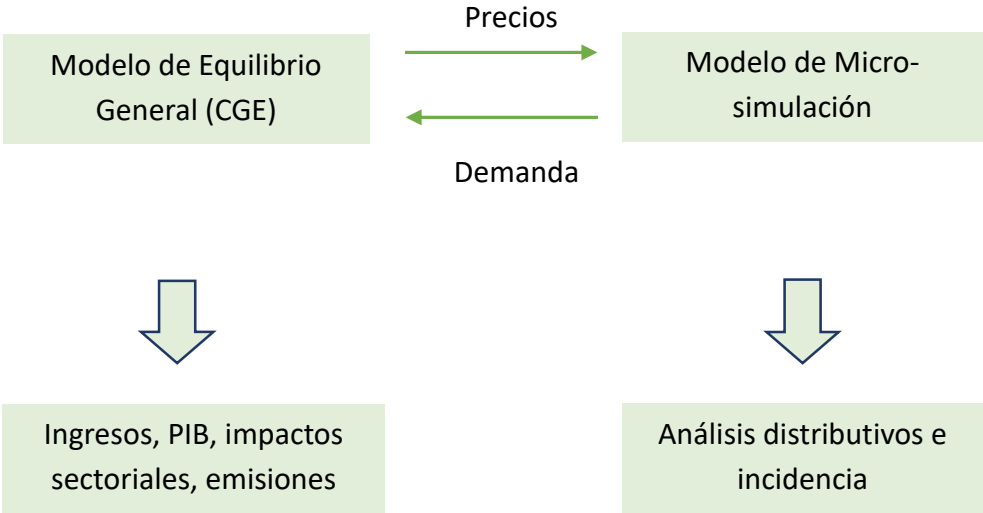
El modelo CGE ha sido calibrado a través de la tabla Input-Output (IO) de España para 2014 (INE, 2017). La tabla IO es una representación de los usos y recursos de los sectores productivos del sistema de producción español. La producción por sector se relaciona con el consumo de los hogares en términos de categorías de gastos de consumo utilizando una matriz de conversión. En cuanto a las emisiones de CO₂, NO_x, PM_{2.5} y SO₂ por sector y combustible fósil, se han utilizado los datos de las cuentas ambientales (Eurostat 2014).

Para estimar el modelo MS, la base de datos utilizada ha sido la Encuesta de Presupuestos Familiares (EPF) (INE, 2017b). La EPF es una encuesta representativa de la población española que recolecta anualmente información referente a los

patrones de consumo de los hogares, así como distintas características socioeconómicas de estos. La encuesta recopila información de unos 20.000 hogares por año. En la fase de estimación del modelo de demanda se han utilizado datos de 2006 a 2013. Finalmente, las fuentes de los ingresos han sido completadas utilizando información de la Encuesta de Condiciones de Vida (ECV).

Para poder integrar los datos de ambas fuentes se han ajustado los datos de gasto y demanda de la EPF para asegurar que coinciden con los datos agregados de la tabla IO. De manera similar, se han escalado las fuentes de ingreso de los hogares (trabajo y capital) de modo que coincidan ambas fuentes de datos. Finalmente, debido a la falta de información sobre el ahorro en la EPF, se ha distribuido el ahorro agregado de la tabla IO entre los hogares según el peso de las rentas del capital en sus ingresos.

Figura 2.1. Vinculación entre el modelo de equilibrio general y el modelo de microsimulación.



3 Escenarios alternativos de financiación

El actual mecanismo de financiación de las energías renovables supone en última instancia un recargo en el precio de la electricidad que permite trasladar íntegramente los subsidios a la factura eléctrica de los diferentes usuarios finales. En este estudio se analizan tres alternativas al sistema actual de financiación de la promoción de las renovables: (i) presupuestos generales del estado (escenario *PGE*), (ii) impuesto sobre las emisiones CO₂ (escenario *Imp_CO2*), e (iii) impuestos energéticos en base a la demanda final de energía (escenario *Imp_Energía*). Todos los escenarios están planteados de tal manera que consiguen el mismo dinero que el logrado por el recargo en la factura eléctrica para financiar las renovables, esto es 6.600 M€ (2014).

Tabla 3.1. Tres alternativas para financiar la promoción de las energías renovables.

Financiación actual	Alternativas de financiación	
Recargo sobre la factura eléctrica	<i>PGE</i>	Presupuestos generales del estado
	<i>Imp_CO2</i>	Impuesto sobre las emisiones CO ₂
	<i>Imp_Energía</i>	Impuesto energético en función de la demanda final de energía

3.1 Financiación a través de los Presupuestos Generales del Estado

El primer método planteado consiste en eliminar el recargo en la factura eléctrica y financiar dicha cantidad directamente a través de los *PGE*. En el año 2014 los 6.600 M€ equivalente a un 2,5% del total de gasto e inversión de los *PGE*. Es decir, este modelo de financiación alternativa supondría aumentar el gasto de los *PGE* en un 2,5%. De cara mantener los objetivos de déficit y deuda del Estado, en este escenario

se asume un incremento equivalente de los impuestos¹⁰ para financiar dicho nuevo gasto. Este aumento de la presión fiscal permitiría al gobierno alcanzar el objetivo de ingresos necesarios para financiar la promoción de las energías renovables sin la necesidad de incurrir en un déficit fiscal o aumentar su nivel de endeudamiento. Además, de este modo, el escenario de *PGE* es comparable con los otros dos métodos de financiación que introducen nuevas figuras impositivas para lograr el ingreso deseado, ya que todas las alternativas analizadas son neutrales desde la perspectiva fiscal.

3.2 Impuesto sobre las emisiones CO₂

El segundo escenario considerado es un impuesto al CO₂ sobre las emisiones de todos los sectores, es decir, tanto en aquellos sectores que están sometidos al Sistema Europeo de Comercio de Emisiones (EU-ETS) como los no incluidos.

El impuesto ha sido calculado de tal manera que se alcance el montante necesario para financiar la promoción de renovables. Según las estimaciones realizadas para este estudio, el impuesto necesario sería de 53 €/tonelada de CO₂, teniendo en cuenta la reducción del consumo y emisiones después del impuesto. Puesto que los sectores incluidos en el EU-ETS ya están pagando un precio por sus emisiones de CO₂, el impuesto para estos sectores será equivalente al impuesto menos el precio que ya pagan en el mercado de emisiones. Según los modelos económico-energéticos utilizados por el IPCC¹¹ el precio medio necesario en 2020 a nivel global para estar en la senda de los 2 grados es 44 \$/tonelada de CO₂, bastante superior al precio en el EU-ETS hasta la fecha. Por otro lado, según la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (AWG 2010), el coste social del carbono se situaría en 2020, y en un escenario intermedio, en 42 \$/tonelada de CO₂, aunque la incertidumbre respecto a

¹⁰ Nuestra metodología incluye los impuestos a la producción, impuestos directos e indirectos e impuestos al trabajo.

¹¹La base de datos puede encontrarse aquí: <https://tntcat.iiasa.ac.at/AR5DB>.

los daños futuros del cambio climático es muy elevada. En este sentido podemos afirmar que, aunque el precio introducido en nuestro escenario es elevado (si se compara con los precios en el mercado EU-ETS) se encuentra dentro de un rango aceptable.

3.3 Impuesto sobre los distintos productores y distribuidores de energía

Como hemos destacado anteriormente, el sector eléctrico es el que más ha contribuido en España al objetivo de alcanzar una participación de las renovables en la demanda final de energía. Las energías renovables representaban en el sector eléctrico el 36%, mientras que en el sector transporte y calefacción representaban un 5% y 17%, respectivamente. Así, con el objetivo de ampliar la participación del resto de sectores en la consecución de los objetivos de renovables, este último sistema de financiación plantea un reparto de los costes de la financiación proporcional a la demanda final energética en 2014.

Este mecanismo de financiación reparte los costes de la financiación de las renovables de forma proporcional al consumo final de energía que representa cada fuente, incluyendo al petróleo, carbón, gas y también a la electricidad. Esta fórmula implicaría el aumento de los impuestos existentes asociados a los combustibles fósiles y que una parte de los peajes de renovables se mantengan. Esta alternativa ayudaría a corresponsabilizar al sector del petróleo y del gas en el proceso de descarbonización, y ayudaría en la electrificación de la economía. En este mismo sentido, también se ha pronunciado el Informe de Expertos (IE 2018), elaborado a petición del Gobierno de España y publicado en marzo de 2018, para informar sobre la futura ley de Cambio Climático y Transición Energética. Este informe recomienda, por un lado, reducir los impuestos energéticos asociados a la generación de electricidad y, por otro, aumentar los impuestos sobre los carburantes de forma que el nivel de recaudación o la presión fiscal permanezcan constantes.

4 Resultados

En esta sección se presentan y discuten los resultados obtenidos en los distintos escenarios planteados. Los resultados se exponen divididos de la siguiente forma: i) impacto económico y ambiental; ii) impacto sectorial, mejora en la eficiencia energética y electrificación del sistema; iii) impacto distributivo por grupos de hogar; y iv) impactos en el bienestar social. Finalmente, se incluye una sección donde se comparan las tres vías de financiación a través de los impactos expuestos con anterioridad.

4.1 Impactos macroeconómicos y ambientales.

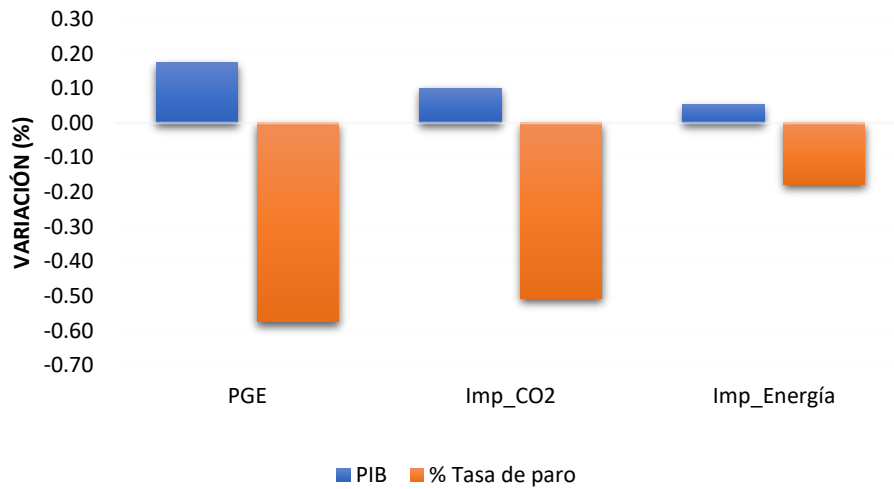
La figura 4.1 muestra la variación del PIB en términos porcentuales como consecuencia de la implementación de los distintos mecanismos de financiación. En general, se observa que la introducción de estas nuevas figuras de financiación tiene un impacto macroeconómico muy pequeño, ya que la cantidad que estamos modificando es muy recudida si la comparamos con el PIB de la economía española y si además consideramos que las tres alternativas de financiación son neutrales fiscalmente.





El impacto positivo en el PIB se explica principalmente por el hecho de que los tres métodos suponen una ampliación de la base impositiva, además de reducir la carga impositiva de los consumidores (ya que ahora tienen que pagar menos impuestos en su factura eléctrica), lo que favorece la eficiencia económica. En general, aquellas vías impositivas que afectan a un mayor número de bienes o de sectores económicos tienen una menor incidencia macroeconómica y, por lo tanto, generan mayores mejoras en el PIB, frente a aquellas medidas que son más restringidas y que tienen por lo tanto menores alternativas. Esto explica que el escenario de *PGE* sea el sistema con un impacto económico más positivo, seguido del impuesto al CO₂ y de los impuestos energéticos.

En términos de empleo, las alternativas fiscales propuestas también tienen un impacto positivo pero pequeño. Como es de esperar, las mejoras en el PIB contribuyen a activar ligeramente la demanda de empleo y a reducir la tasa de paro.

Por lo tanto, podemos concluir que las vías alternativas de financiación propuestas no tienen efectos negativos sobre la economía. Así, el regulador puede optar por alguna de las opciones planteadas buscando otro tipo de objetivos sin la preocupación de dañar el crecimiento económico.

Figura 4.1. Variación del PIB y de la tasa de paro.

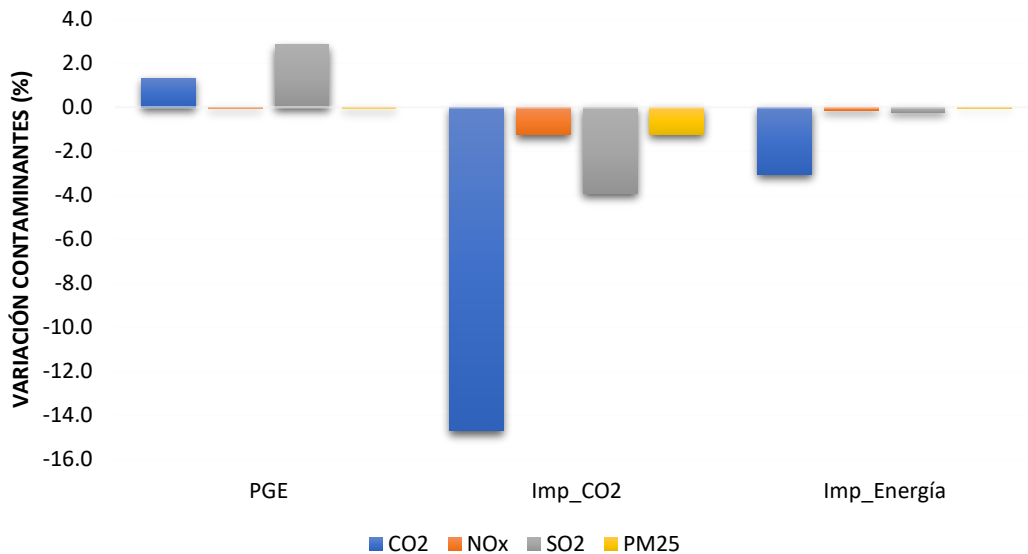


Impacto macroeconómico en perspectiva.		
Impacto medio en PIB 	Casi una décima parte del crecimiento esperado en 2018.	
	Subida de las pensiones planeada en 2018.	
	El doble del dinero recaudado por el copago sanitario en 2017.	

La promoción de las energías renovables se sustenta en base a dos objetivos fundamentales: i) la reducción de la dependencia energética generada por las fuentes de combustibles fósiles; y ii) la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero para favorecer la transición a una economía baja en carbono. Sin embargo, el actual modelo de financiación basado en recargos en la factura eléctrica está mermando estos dos objetivos.

El encarecimiento de la factura eléctrica dificulta la electrificación de distintos usos, en especial del transporte, manteniendo la dependencia de los combustibles fósiles y ralentizando la transición energética. La dependencia de los combustibles fósiles no solo incide en mayores emisiones de gases de efecto invernadero, sino que también aumenta la cantidad de contaminantes locales como el SO₂, NO_x o las PM_{2.5} que generan impactos severos en la salud de las personas. Según la organización mundial de la salud (OMS) en 2050 la primera causa de mortalidad prematura en el mundo será la contaminación del aire; en el caso de España, la contaminación atmosférica causó 14.000 muertes prematuras en 2010 (OMS 2015). Las emisiones de sustancias que contaminan el aire que respiramos y las causantes del cambio climático están estrechamente relacionadas, ya que las fuentes de emisiones son habitualmente las mismas. Por esto, la reducción de las emisiones de GEI conlleva habitualmente una mejora en la calidad del aire local.

Figura 4.2. Variación % en las emisiones de CO₂, NO_x, SO₂ y PM_{2.5}.



La figura 4.2 muestra la variación de emisiones de CO₂, NO_x, SO₂ y PM_{2.5} para cada uno de los sistemas de financiación alternativos. El escenario *Imp_CO₂* y el escenario *Imp_Energía* consiguen su cometido, ya que cuando se aplican los impuestos, las emisiones se reducen notablemente. Los resultados, como era de esperar, muestran que las alternativas dirigidas a gravar el CO₂ reducen la contaminación atmosférica ya que ambos están relacionados, siendo el origen de las emisiones en ambos casos habitualmente el mismo, la quema de combustible fósiles.

Las reducciones son menores en el caso del impuesto energético, ya que las posibilidades de sustitución son menores. Sin embargo, en el escenario de financiación *PGE* no se alcanza una reducción de las emisiones, sino que se observa un leve incremento en las emisiones de CO₂ y SO₂. Como se ha comentado anteriormente, todos los escenarios logran mejoras en la economía, sin embargo, el escenario *PGE*, a diferencia de las otras vías de financiación, no penaliza el consumo energético, por lo que una mayor actividad económica (Figura 4.1) implica un mayor aumento de la demanda energética. Este incremento en la demanda energética se

debe principalmente al abaratamiento de la electricidad, lo cual se traduce en una mayor demanda en el sector eléctrico, mayor uso de tecnologías fósiles¹² y, por lo tanto, mayores emisiones de los contaminantes relacionados con este sector como son el SO₂ y CO₂

Los impactos en el PIB recogidos en la figura 4.1 no tienen en cuenta el efecto positivo sobre la salud asociado a la reducción de los contaminantes atmosféricos. Por eso en la figura 4.3 se recoge la variación en términos de “PIB-Verde”. El PIB-Verde es el resultado de restar al PIB los costes externos asociados a la contaminación atmosférica¹³. Estos costes son de cuatro tipos: i) costes sanitarios y empeoramiento de la salud; ii) costes en la pérdida de fertilidad del suelo; iii) pérdida de biodiversidad y iv) costes materiales urbanos asociados a la contaminación de NO_x, PM₂₅ y SO₂.

De este modo, el PIB-Verde puede recoger los efectos positivos de la reforma que no tiene una valoración en el mercado. La figura 4.3 muestra la variación del PIB-Verde, en términos porcentuales, como consecuencia de la implementación de los distintos mecanismos de financiación. La introducción de los beneficios asociados a la reducción de la contaminación local conlleva un impacto mayor en el PIB en aquellos sistemas de financiación que logran mayores reducciones de emisiones. En este sentido, puesto que *Imp_CO2* logra una mayor reducción de las emisiones, es el escenario con una mayor mejora del PIB-verde con respecto al PIB, seguido por el *Imp_Energía* y por *PGE*, que es el escenario con una menor mejora respecto al PIB. El reducido impacto en emisiones del escenario *PGE* (figura 4.2) explica que la reducción de los costes

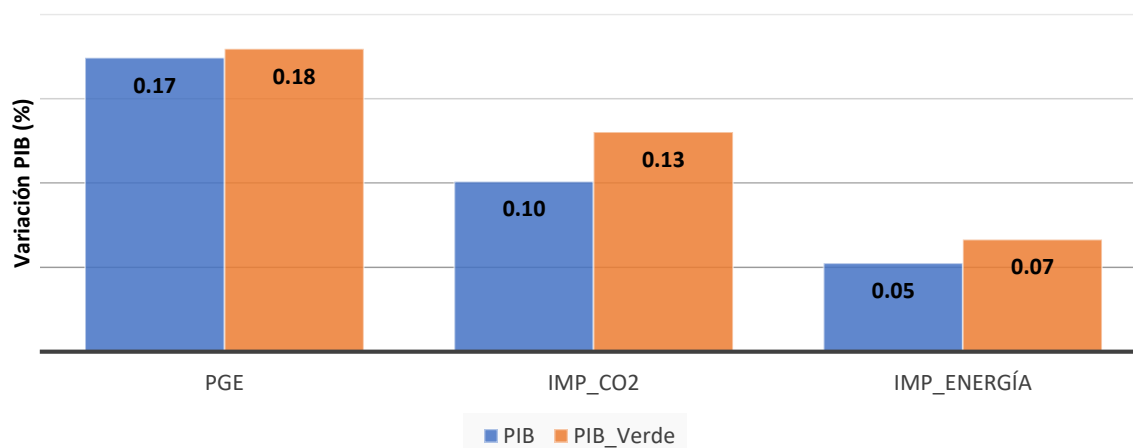
¹² Las tecnologías más caras se sitúan en la parte alta de la curva de oferta, por lo que, a mayor demanda, debido al efecto de orden de mérito (ver Sáenz de Miera et al. (2008) y Ciarreta et al. (2014)) se consume mayor energía proveniente de estas fuentes. Una limitación del modelo es que no permite capturar el orden de mérito de estas tecnologías.

¹³ Para el cálculo del PIB verde se han utilizado los datos del coste externo calculados por el proyecto CASES para España y el año de referencia.

externos sea limitada y que por lo tanto el impacto en términos de PIB-Verde y el PIB sea similar.

Finalmente, cabe mencionar que los problemas relacionados con la contaminación del aire suelen ser percibidos de manera más cercana por la ciudadanía, especialmente en términos de salud. Así, las medidas dirigidas a mejorar la calidad del aire pueden ser percibidas de manera más inmediata por la ciudadanía, mejorando su promoción e implementación, como es en este caso la promoción de las energías renovables.

Figura 4.3. Comparación entre las variaciones en el PIB y el PIB-verde.

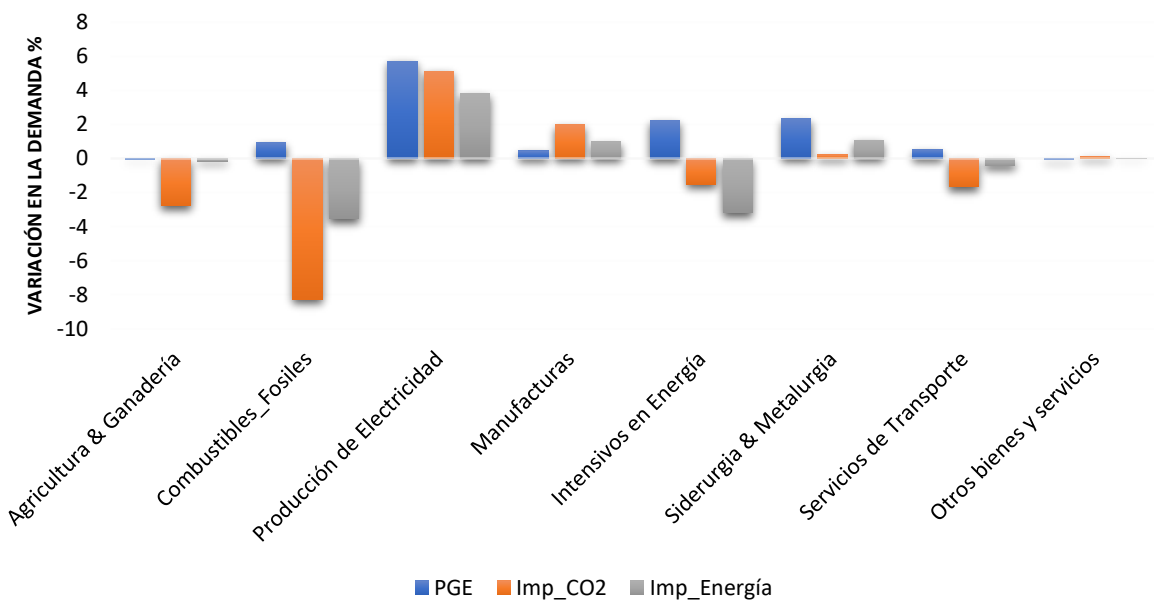


4.2 Impacto sectorial y evolución de la electrificación y la intensidad energética.

La figura 4.4 muestra la distribución de los impactos macroeconómicos por sectores en términos de aumento/disminución de la demanda de cada uno de ellos. En general, los costes de la reforma fiscal no suponen pérdidas importantes de producción para la mayoría de los sectores productivos ya que la reducción de la demanda no supera el 3% en ninguno de los casos analizados (salvo en el caso de los sectores asociados a los combustibles fósiles).

Lógicamente, la excepción son los sectores asociados a la extracción y transformación de los combustibles fósiles. El sector del refino de petróleo, por ejemplo, reduce notablemente su producción por las políticas introducidas (-5% de media en los tres escenarios), especialmente cuando se introduce un gravamen sobre las emisiones de CO₂. En este mismo sentido, el sector de producción y distribución de gas¹⁴ es el siguiente sector más afectado (-1,3% de media). Un resultado importante a nivel sectorial es que los sectores industriales y los electrointensivos como la siderurgia y metalurgia se verían ligeramente favorecidos por estos escenarios alternativos, mientras que los sectores intensivos en energía ligeramente perjudicados.

Figura 4.4. Variación en la demanda de los sectores productivos (en %).



¹⁴ Por último, cabe mencionar que no se producen grandes caídas de la demanda del sector del carbón. Uno de los principales demandantes de carbón en España es el sector de producción y distribución de energía eléctrica, así la mayor demanda de energía eléctrica por el abaratamiento de la factura de la luz compensa las posibles reducciones de demanda de carbón. Sin embargo, estos resultados no permiten recoger el efecto que especialmente en el escenario Imp_CO2 tendría sobre el orden de mérito de las tecnologías eléctricas, pudiendo suceder que la producción con carbón supere en costes a las de gas.

Tabla 4.1. Valor añadido de los sectores sobre el PIB (%)

Agr. & Gan.	Comb. Fósiles	P. Electricidad	Manufacturas	Int. Energía	Siderurgia & Metalurgia	Servicios de Transporte	Otros bienes y servicios
5,3%	0,6%	2,1%	6,5%	3,0%	1,7%	4,4%	71,5%

La reducción de la demanda de los sectores asociados a los combustibles fósiles va en línea con la transición hacia una economía libre de carbono, como apunta la Agencia Internacional de la Energía (IEA/IRENA 2017) y, por lo tanto, las reformas propuestas ayudarán a realizar dicha transición de forma progresiva. Este proceso se observa de manera más evidente en las figuras 4.5 y 4.6.

La figura 4.5 muestra la demanda energética final en España antes y después de implementar los escenarios aplicados. Por otro lado, la figura 4.6 muestra la variación en la intensidad energética y la intensidad de electricidad de la economía española, es decir, la energía consumida (total o eléctrica) por unidad de producción.

Como podemos observar, cuando se gravan las emisiones asociadas a los combustibles fósiles (Imp_{CO_2}) se produce una importante reducción de la intensidad energética. Este efecto se explica por la reducción en el consumo energético de aquellos sectores más dependientes de los combustibles fósiles como el transporte y los sectores intensivos en energía como la siderurgia y metalurgia. Por otro lado, en el escenario de impuestos energéticos, aunque se gravan los sectores relacionados con los combustibles fósiles, el mantenimiento de parte de la carga fiscal en el sector eléctrico limita la reducción de la intensidad energética.

Por último, la financiación a través de *PGE* conlleva incrementos en la demanda energética y por lo tanto en la intensidad energética. El incremento de la actividad y de la demanda (figura 4.1), sumado a la falta de gravámenes especiales a los consumos energéticos, produce un incremento en la demanda de energía. Sin

embargo, en todos los escenarios observamos que se incrementa la intensidad eléctrica. El principal causante de este tipo de tendencia es el abaratamiento de la electricidad con respecto al sistema de financiación actual. En este sentido, el escenario que mayor incremento de la intensidad eléctrica produce es el escenario *PGE*. Bajo este sistema de financiación, el efecto del abaratamiento de la electricidad (que también se puede observar en los otros escenarios, aunque en un menor nivel) sumado a la mayor demanda energética total, produce un mayor consumo eléctrico por unidad de producción. Sin embargo, como hemos visto, el sistema de financiación *PGE* no alcanza a reducir el consumo energético de los combustibles fósiles, por lo que, aunque puede favorecer la electrificación del sistema, genera menos efectos positivos en cuanto a un modelo energético menos dependiente de los combustibles fósiles y más electrificado.

Figura 4.5. Demanda energética en 2014 y por sistema de financiación.

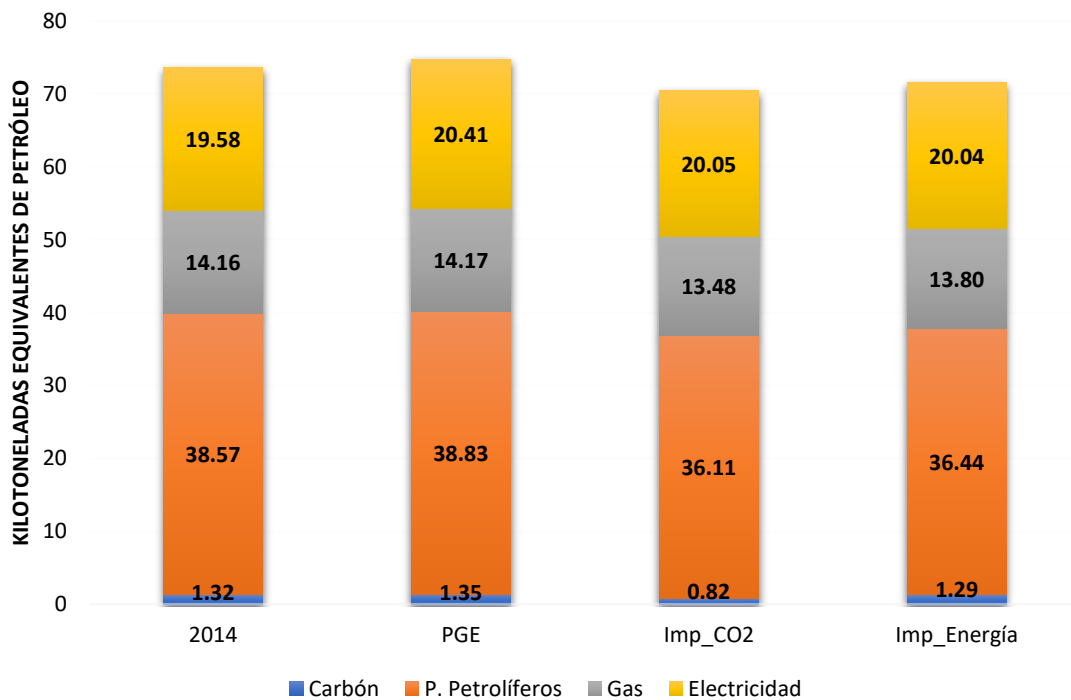
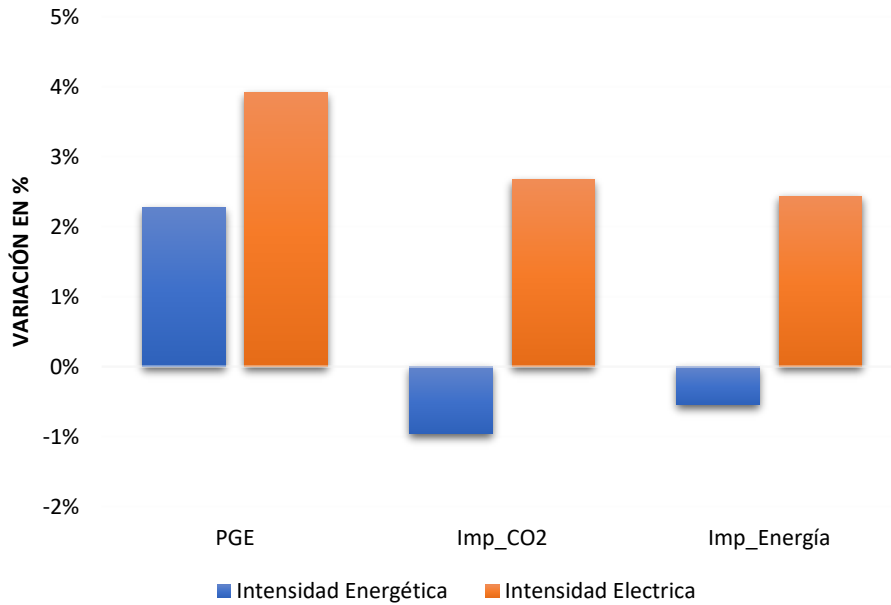


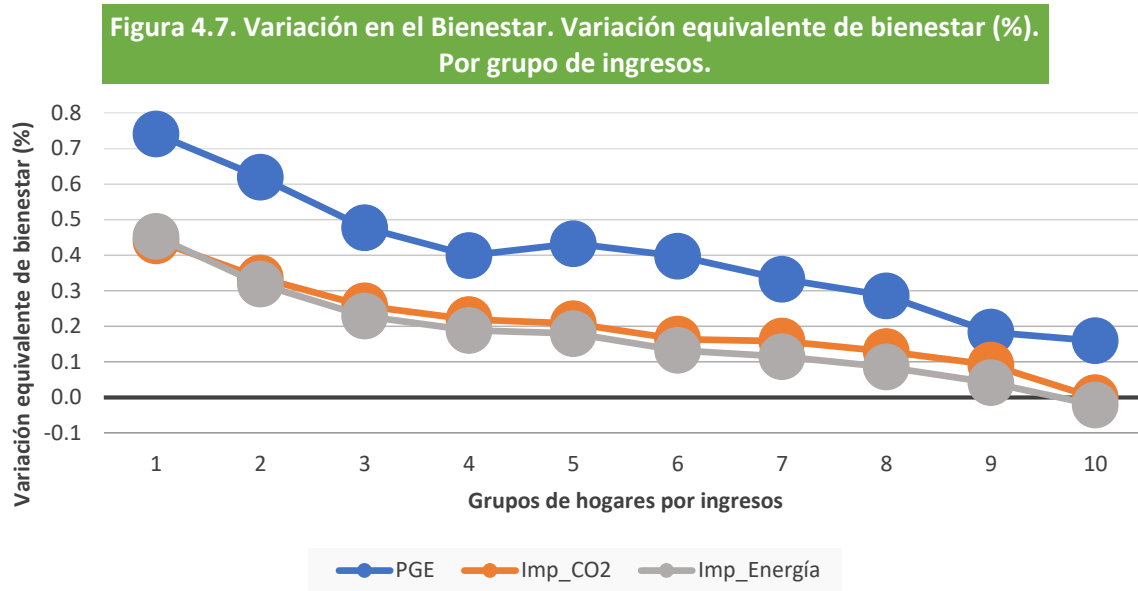
Figura 4.6. Variación en la intensidad energética y la intensidad eléctrica.



4.3 Efectos distributivos sobre los distintos grupos de hogar

Esta subsección analiza los impactos que los sistemas de financiación propuestos tienen sobre los distintos grupos de hogares. La figura 4.7 presenta los impactos en el bienestar (medido como variación equivalente del bienestar¹⁵) por grupos de renta (deciles), donde el grupo 1 representa los hogares con renta más baja y el grupo 10 a los hogares con renta más elevada. La figura 4.7 nos permite analizar la regresividad o progresividad de los distintos sistemas propuestos.

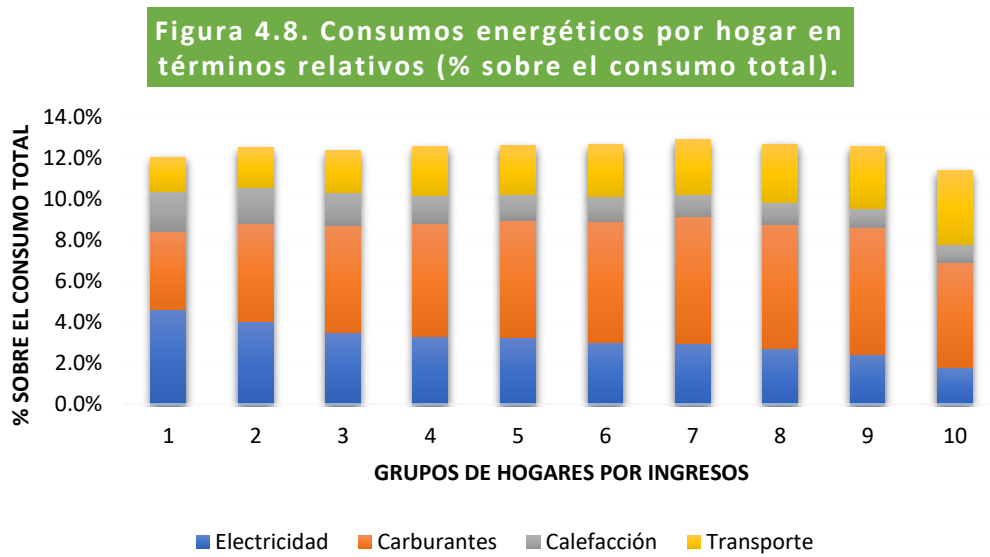
¹⁵ La Variación equivalente (EV) mide la cantidad de dinero que un consumidor pagaría para evitar un cambio de precios, antes de que ocurriese.







La primera conclusión relevante que se puede extraer de estos resultados es la tendencia progresiva de todas las alternativas planteadas. La distribución de beneficios generados por hogar, es decir el impacto en el bienestar, es mayor en los tramos de renta más bajos que en los más altos. A través de los distintos escenarios de financiación planteados el impacto positivo medio en el bienestar se sitúa en torno al 0,14% de la renta para todos los hogares. Sin embargo, aunque este impacto es reducido, se observa que es más positivo cuanto menor es el ingreso de los hogares.

Este resultado muestra que los sistemas de financiación propuestos no tienden a ser regresivos, como sí sucede con el sistema de financiación actual, ya que se ven más beneficiados los hogares de renta más baja (García-Muros et al 2016). La explicación de este efecto hay que buscarla en los patrones de consumo de los hogares españoles, recogidos en la figura 4.8. Los sistemas de financiación introducidos reducen la incidencia sobre el consumo eléctrico, el cual representa una mayor proporción del gasto en los hogares de menor renta. Este efecto es especialmente relevante en el sistema de financiación *PGE* ya que reduce notablemente el peso de los hogares en la

financiación de las renovables. Sin embargo, los escenarios de impuestos al CO₂ e impuestos energéticos inciden en bienes relacionados con la energía, como son la electricidad, los carburantes y el transporte. De hecho, cuando se aplica el sistema de financiación de CO₂ el precio de los carburantes aumenta un 0.8% y el transporte un 1,5%, mientras que el precio de la electricidad se reduce de media en 13,5%. El posible efecto regresivo de estos escenarios, se ve compensado por el consumo mucho más elevado de carburantes y transporte que realizan los hogares de renta más elevada (en torno al 10% de su gasto). Por ello, los impuestos energético-ambientales aquí propuestos también son progresivos.



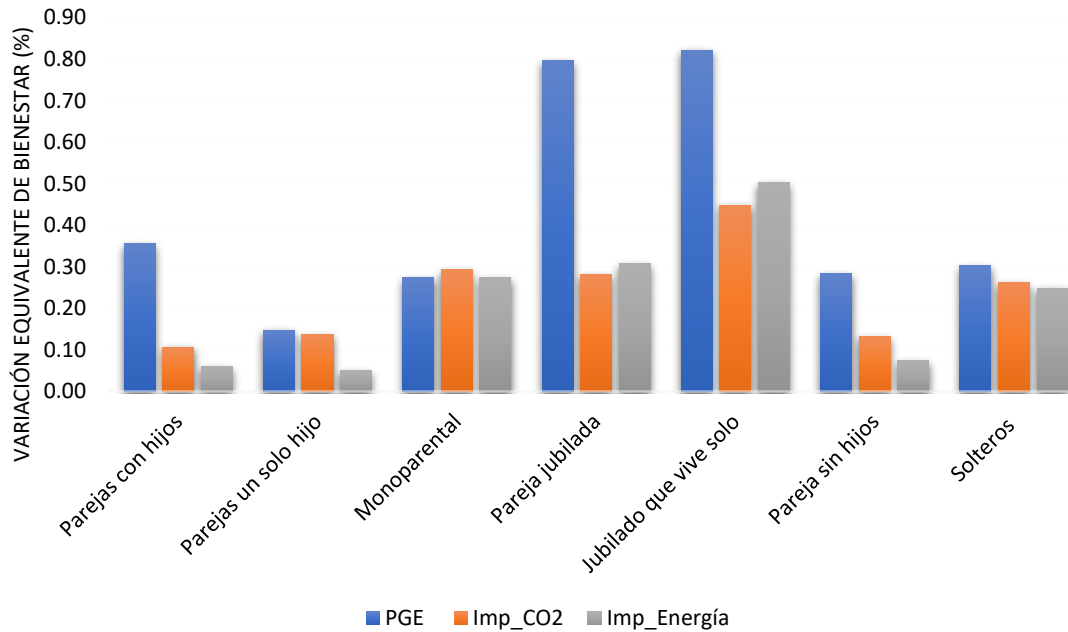
Impacto social en perspectiva.

Beneficio medio del 1º quintil 	Gasto medio en material escolar por familia	
	Mitad del gasto en medicamentos por persona al año	
	Casi el doble del coste del abono transporte urbano mensual en Madrid y Barcelona	

Cuando se trata de mejorar la aceptabilidad pública de una política la progresividad no es la única característica relevante, sino que también es necesario que sea inclusiva con grupos vulnerables.

La figura 4.9 muestra los impactos en el bienestar según los siguientes 7 tipos de familia: parejas sin hijos, parejas con un solo hijo, parejas con más de un hijo, familia monoparental, solteros sin hijos, pareja de jubilados y jubilados que viven solos. Se observa cómo el impacto de las políticas difiere notablemente dependiendo del tipo de familia, siendo las parejas con un solo hijo los menos beneficiados por los distintos tipos de sistemas de financiación, mientras que los más beneficiados por la reforma son los hogares conformados por jubilados. Existe una fuerte correlación entre el impacto por tipo de familia y los ingresos de ésta. Así, podemos explicar que las parejas con o sin hijos son las familias menos favorecidas por el paquete de medidas, ya que, por lo general, se encuentran en tramos de renta más elevados. Por otro lado, las familias conformadas por jubilados se encuentran en tramos de renta más bajos y un elevado consumo en electricidad, por lo que el abaratamiento de la factura eléctrica supone un incremento en el bienestar de estos.

Figura 4.9. Impactos en el bienestar por tipo de hogar (%VE).

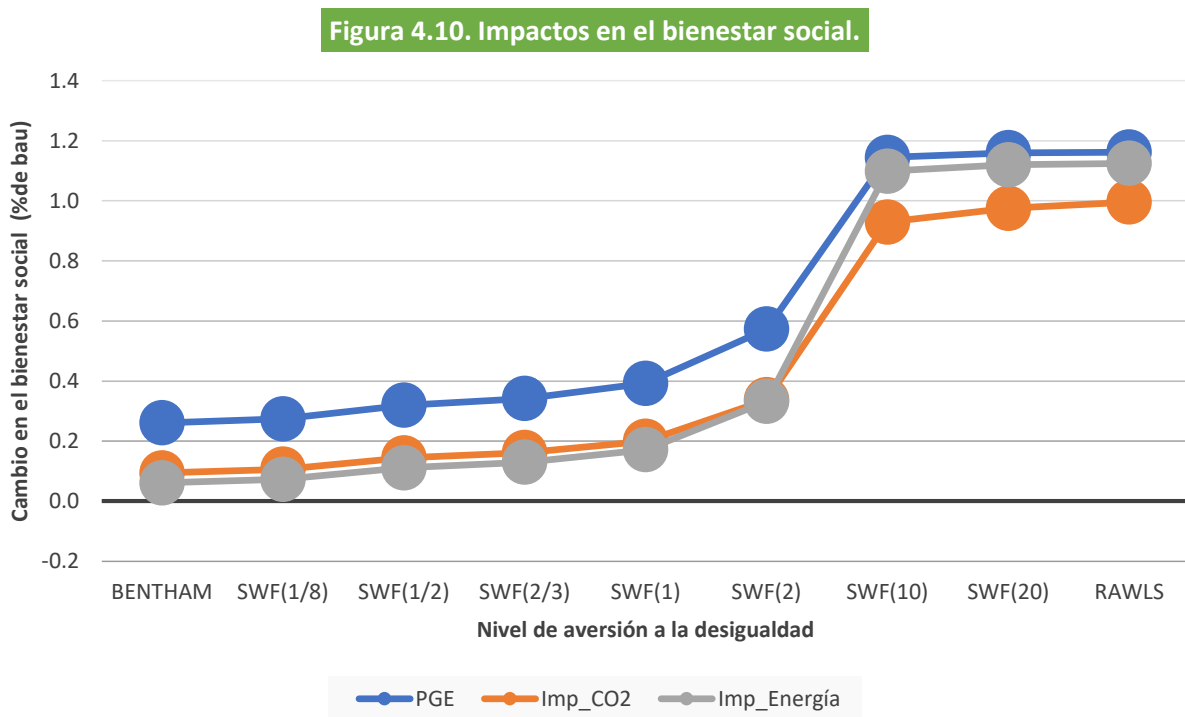


4.4 Análisis de bienestar social

Las políticas energéticas son habitualmente analizadas desde el punto de vista de la eficiencia, olvidando de manera habitual los impactos distributivos que pueden tener y los “trade-offs” entre uno y otro. Una forma de capturar ambos elementos en conjunto es mediante el uso de funciones de bienestar social. Estas funciones agregan de diferente forma el bienestar de cada individuo o grupo social para conformar un bienestar social agregado. Dicho bienestar social depende de forma crítica de la valoración que la ciudadanía tenga sobre la desigualdad y el valor que le otorga a ésta.

Este apartado recoge los impactos de las medidas alternativas en términos de bienestar social antes distintos grados de aversión a la desigualdad que puede tener una sociedad. Cuando la aversión es muy elevada o máxima, el bienestar de la

sociedad solo puede aumentar si la política introducida aumenta el bienestar del individuo o colectivo más pobre (aproximación tipo “Rawls”). Por el contrario, cuando la aversión a la desigualdad es mínima, el bienestar es simplemente la suma aritmética del bienestar individual, es decir, se pondera igualmente a todos los hogares independientemente de su nivel de renta (aproximación “Bentham”). La figura 4.10 muestra la variación en el bienestar social de los tres escenarios analizados y entre ambos extremos de aversión a la desigualdad.



Los resultados muestran el reducido impacto de los distintos sistemas de financiación cuando la aversión a la desigualdad es muy baja. Este impacto no es sorprendente, ya que va en la misma línea que los resultados que hemos observado cuando hemos analizado el impacto en el PIB de los distintos escenarios. Por lo tanto, aunque la tendencia es positiva en distintos aspectos, no hay grandes beneficios de trasladar el coste de la financiación de la factura eléctrica a otras vías de financiación.

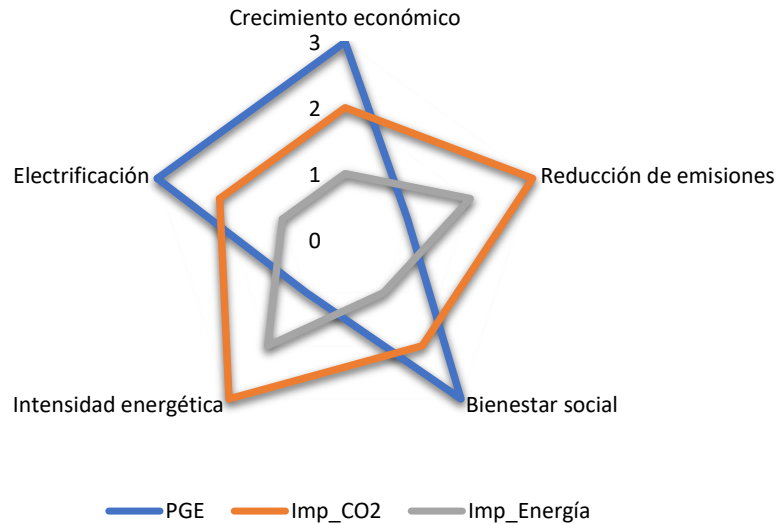
Sin embargo, cuando la aversión a la desigualdad se hace más relevante, los escenarios de financiación presentados incrementan notablemente el bienestar social respecto al sistema de financiación actual. Dado que los hogares con elevados porcentajes de gasto en electricidad se encuentran en tramos de renta baja, el sistema de financiación actual que encarece la factura de la luz incrementa la desigualdad a través de impactos adversos en este tipo de hogares. Este hecho explica el impacto tan positivo en el bienestar de las medidas de financiación alternativas que se consigue cuando la aversión a la desigualdad es elevada. Dado que el escenario *PGE* consigue un mayor abaratamiento de la electricidad, es el escenario de financiación que logra unos mayores impactos en el bienestar social cuando existe una alta aversión a la desigualdad. En los otros dos escenarios la caída en el precio de la electricidad no es tan elevada, pero como tampoco se encarecen los bienes consumidos por los tramos de renta baja, el impacto en el bienestar social también alcanza cotas similares al logrado por el escenario *PGE*.

4.5 Los sistemas de financiación en términos comparativos

Previamente se han analizado los tres sistemas de financiación a través de 5 impactos distintos: i) impacto medioambiental; ii) impacto macroeconómico; iii) impacto en eficiencia energética; iv) impacto sobre la electrificación; e v) impacto social o distributivo. En esta sección se trata de poner en perspectiva estos impactos para aportar luz sobre los “trade-off” entre los distintos escenarios e intentar buscar qué escenario se debería potenciar en función del objetivo deseado.

La figura 4.11 muestra la posición de cada escenario respecto a los distintos enfoques analizados, siendo 3 la mejor posicionada y 1 la peor. Es decir, cuanto más próxima está la política a los vértices de la figura, mejores resultados tendrán en dicho aspecto. Aunque también se ha analizado el impacto sectorial de los escenarios, puesto que este impacto es distinto según el sector, no se ha incluido en este análisis comparativo.

Figura 4.11. Ranking de cada escenario por criterio.



La figura 4.11 evidencia que ninguno de los escenarios es mejor en todos los aspectos analizados. Mientras que el escenario de *PGE* es el mejor escenario en términos de PIB o en términos sociales, también es el escenario de financiación que favorece en menor medida una transición energética baja en emisiones de CO₂.

Por otro lado, la financiación a través de un impuesto energético no logra en ninguna de las perspectivas comentadas un impacto mejor o mayor que el conseguido por el resto de escenarios. Sin embargo, aunque no es el mejor de los escenarios en todos los enfoques apuntados, alcanza impactos similares a los logrados por el mejor de los escenarios en varias de las dimensiones analizadas. Así, el sistema de financiación *Imp_Energía* alcanza niveles de bienestar social y de reducción de emisiones similares a los logrados por el mejor de los escenarios en cada caso. En cuanto a electrificación del sistema, la alternativa de financiación mejor posicionada es la *PGE*. Sin embargo, este es el sistema de financiación que menos reduce el consumo energético de los combustibles fósiles, por lo que, aunque puede favorecer la

electrificación del sistema, genera menos efectos positivos para alcanzar un modelo energético menos dependiente de los combustibles fósiles y más electrificado.

Por último, y como era de esperar, el escenario *Imp_CO₂* destaca por su impacto en las emisiones de CO₂, así como por ser el escenario que favorece en mayor medida la electrificación del sistema y la transición energética. A este hecho hay que añadir que, en términos de impacto en el PIB, sus resultados no están alejados de los logrados por el mejor de los escenarios en este aspecto (*PGE*). Su impacto en el nivel de bienestar social es ligeramente inferior al obtenido por los otros escenarios planteados.

4.6 Análisis de Sensibilidad

Finalmente se ha llevado a cabo un ejercicio de análisis de sensibilidad combinando los sistemas de financiación *Imp_CO₂* e *Imp_Energía*. Como se ha mostrado en la exposición de los sistemas de financiación, el sistema *Imp_CO₂* conlleva la introducción de un precio al CO₂ de 53 euros por tonelada. Aunque ya se ha comentado que es muy cercano al coste social del carbono o incluso inferior al precio que ya se está utilizando en algunos países del norte de Europa (WB 2017) como en Noruega (27-56 €/tCO₂) o Suecia (140€/tCO₂), este precio está por encima del precio en el EU-ETS y de la mayoría de los precios en los países del entorno. Por esto, se entiende que en el corto plazo puede ser políticamente complicado implementar un precio al CO₂ como el estimado.

Así, en este último ejercicio, a modo de análisis de sensibilidad, se ha incorporado un precio al CO₂ de 25 euros toneladas y el resto del ingreso necesario para financiar las renovables se consigue a través de un impuesto energético similar al introducido en el sistema de financiación *Imp_energía*. La tabla 4.1 compara los impactos de este sistema alternativo (*CO₂_Energía*) con el resto de sistemas en función de las principales magnitudes analizadas en el estudio.

Tabla 4.2. Variaciones (%) en principales magnitudes analizadas

Sistemas de financiación	PIB	CO ₂	Intensidad Energética	Intensidad Eléctrica	Bienestar social (Rawls)
PGE	0.17	1.27	2.27	3.92	1.16
Imp_CO ₂	0.10	-14.83	-0.95	2.68	1.00
Imp_Energía	0.05	-3.11	-0.54	2.44	1.12
CO ₂ _Energía	0.09	-10.35	-0.74	2.61	1.07

Como se observa, el impacto del sistema combinado *CO₂_Energía* se encuentra entre el impacto del sistema *Imp_energía* e *Imp_CO₂*. De este modo, se podrían alcanzar impactos similares a los alcanzados por el mejor (desde cada una de las perspectivas analizadas) de estos sistemas. Así, se observa que el impacto económico, energético y medioambiental de *CO₂_Energía* se aproxima al obtenido cuando se introduce un precio al CO₂ mucho más elevado, mejorando a su vez los impactos en el bienestar social, ya que estos se asemejan al impacto obtenido con el sistema *Imp_energía*.

Por último, este escenario combinado muestra los efectos positivos que tiene trasladar el coste de la financiación del sector eléctrico a otros sectores en función a la demanda energética y a las emisiones. Promocionar las renovables al mismo tiempo que se gravan bienes relacionados con las emisiones de CO₂ y se responsabiliza al resto del sector energético de los costes de las renovables, puede favorecer la transición energética hacia una economía baja en emisiones a través de la electrificación de la economía y la mejora en la eficiencia energética.

5 Conclusiones

Este informe analiza los impactos socioeconómicos de formas de financiación de las energías renovables alternativas al actual sistema de sobrecargos en la factura eléctrica. Se han analizado tres alternativas de financiación distintas: (i) presupuestos generales del estado (escenario *PGE*), la recaudación suficiente para financiar la promoción de renovables se lleva a cabo subiendo proporcionalmente el resto de impuestos del estado; (ii) impuesto sobre las emisiones de CO₂ (escenario *Imp_CO2*), con la finalidad de vincular los objetivos de renovables con los objetivos de reducción de las emisiones de CO₂; e (iii) impuestos energéticos en base a la demanda final de energía (escenario *Imp_Energía*) con el objetivo de corresponsabilizar a todo el sector energético de los objetivos de renovables. Para analizar su impacto se han integrado un modelo macroeconómico y un modelo microeconómico.

La metodología aplicada ha permitido evaluar las distintas vías de financiación desde distintos prismas (impacto ambiental, macroeconómico y distributivo), algo poco habitual en estudios previos. Aun así, cabe mencionar que el análisis realizado tiene dos limitaciones principales. En primer lugar, las vías de financiación introducidas y los métodos utilizados son adecuados para el objetivo de analizar su impacto económico, pero para su implementación real sería necesario un mayor grado de detalle en cuanto al diseño y aplicación de cada medida fiscal. En segundo lugar, el modelo no tiene desagregado el funcionamiento de tipo marginalista del mercado eléctrico, lo que no permite capturar los efectos que el precio del CO₂ puede tener en el orden de mérito de la tecnología y cómo esto puede reducir más algunos contaminantes como el SO₂ asociados a las centrales de carbón si esta tecnología fuera desplazada por las centrales de gas.

En base al análisis y las limitaciones encontradas se pueden destacar las siguientes conclusiones:

-
- I. El actual modelo de financiación basado en recargos sobre los peajes de acceso, además de aumentar el precio final de la electricidad, hace recaer sobre el sector eléctrico una parte muy importante del esfuerzo global en materia de objetivos de renovables.
 - II. El análisis aquí realizado muestra que es posible buscar vías alternativas de financiación que no tienen efectos negativos sobre la economía y que incluso pueden favorecer ligeramente el crecimiento económico. Así, puede optarse por alguna de las opciones planteadas buscando otro tipo de objetivos sin preocuparse por su efecto macroeconómico.
 - III. Exceptuando el sistema de financiación vía presupuestos generales del estado, el resto de escenarios consiguen amplias reducciones de las emisiones de CO₂, alineando la política de renovables con la necesaria descarbonización de la economía.
 - IV. Las alternativas de impuestos al CO₂ o energía, también alcanzan importantes reducciones de emisiones de los contaminantes locales (NO_x, PM₂₅ y SO₂) con el consiguiente efecto positivo sobre la salud y el medio ambiente. Su posible inclusión en el PIB (como PIB-Verde) mostraría mejoras aún mayores a nivel macroeconómico.
 - V. En general, las reformas analizadas no implican un incremento sustancial de los costes de los sectores productivos, a excepción de los sectores energéticos basados en combustibles fósiles.
 - VI. Las alternativas de impuestos al CO₂ o energía lograrían reducir la demanda de energía de la economía mejorando así los objetivos de eficiencia energética.
 - VII. Todas las alternativas favorecen la electrificación de la economía, lo que favorece la transición energética y la descarbonización.
 - VIII. Los sistemas de financiación propuestos tienden a ser progresivos, al contrario de lo que sucede con el sistema de financiación actual, ya que se ven más beneficiados los hogares de renta más baja. Los sistemas de financiación introducidos reducen la incidencia sobre el consumo eléctrico, el cual

representa un porcentaje de gasto en los hogares de menor renta más elevado. Además, las alternativas propuestas tienen impactos especialmente positivos en grupos sociales vulnerables.

- IX. Los sistemas de financiación analizados incrementan notablemente el bienestar social agregado respecto al sistema de financiación actual cuando se tiene en cuenta la desigualdad dado que los hogares con elevados porcentajes de gasto en electricidad se encuentran en tramos de renta baja.
- X. Aunque ninguna de las alternativas es mejor en todas las dimensiones, sí se puede observar que los escenarios CO2 y Energía pueden generar sinergias muy positivas en favor de una transición energética libre de carbono, mientras que el escenario PGE podría favorecer más la eficiencia del sistema impositivo y la redistribución de la renta.

6 Referencias bibliográficas

- AWG (2010) Technical Update of the Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866. Interagency Working Group, Washington, DC.
- CEOE (2014). Energía y competitividad: propuestas del sector empresarial. Publicaciones CEOE, Madrid.
- Ciarreta, A., Espinosa M.P., Pizarro-Irizar, C. (2014). Is green energy expensive? Empirical evidence from the Spanish electricity market. *Energy Policy* 69, 205-215.
- Ciarreta, A., Pizarro-Irizar, C. (2014). La nueva reforma del mercado eléctrico español: eficiencia y austeridad. *Cuadernos Económicos de ICE* 88: 97-126.
- del Río, P., and Mir-Artigues, P. (2014). Combinations of Support Instruments for Renewable Electricity in Europe: A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 40, 287–95.
- DP (2017) Informe anual 2018, Defensor del Pueblo. Madrid.
- EC (2011). Roadmap for moving to a low-carbon economy in 2050, COM/2011/0112, European Commission, Brussels.
- EC (2014). A policy framework for climate and energy in the period from 2020 up to 2030, COM/2014/15, European Commission, Brussels.
- EC (2016) Clean Energy for All Europeans – unlocking Europe's growth potential, European Commission, Brussels.
- Eurostat (2018). Renewable energy statistics, 2018.
- Deaton, A. and Muellbauer, J. (1980). An almost Ideal Demand System. *American Economic Review*, 70, 312–326.
- FR (2017) Hacia una Transición Energética Sostenible: Propuestas para afrontar los retos globales. Fundación Renovables, Madrid.
- INE (2017a). Contabilidad Nacional de España. Base 2002. Marco input-output. Tabla Input-Output, Año 2014. Instituto Nacional de Estadística. www.ine.es.
- INE (2017b). Encuesta continua de presupuestos familiares, base 1997. Instituto Nacional de Estadística. www.ine.es

-
- IPCC (2012). *Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge.
- IRENA (2016). *Renewable energy benefits: measuring the economics*. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- IRENA (2018b) *Renewable Energy Prospects for the European Union*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- IRENA(2018a) *Renewable Power Generation Costs in 2017*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- Markandya, A., Sampedro, J, Smith, A Markandya, J Sampedro, SJ Smith, Van Dingenen, R., Pizarro-Irizar, C. Arto, I, Gonzalez-Eguino (2018) *The Lancet Planetary Health* 2 (3), e126-e133.
- Mir-Artigues, P., Cerdá, E., and del Río, P. (2015). Analyzing the Impact of Cost-Containment Mechanisms on the Profitability of Solar PV Plants in Spain. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 46 (June): 166–77.
- Neuhoff, K., Bach, S., Diekmann, J., Beznoska, M., and El-Laboudy. T. (2013). Distributional Effects of Energy Transition: Impacts of Renewable Electricity Support in Germany. *Economics of Energy & Environmental Policy* 2 (1).
- OMS, 2016. *Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease*, in: *Ambient Air Pollution: A Global Assessment of Exposure and Burden of Disease*, Organización Mundial de la Salud, Ginebra.
- OMS y OECD (2015) *Economic cost of the health impact of air pollution in Europe: Clean air, health and wealth*, WHO Regional Office for Europe.
- REN21 (2018), *Renewables 2018 Global Status Report*, Renewables Energy Policy Network for the 21 Century, Paris. <http://www.ren21.net/status-of-renewables/global-status-report/>
- Sáenz de Miera, Gonzalo, Pablo del Río González, and Ignacio Vizcaíno. 2008. “Analysing the Impact of Renewable Electricity Support Schemes on Power Prices: The Case of Wind Electricity in Spain.” *Energy Policy* 36 (9): 3345–59.
- Schmalensee, R. (2012). Evaluating Policies to Increase Electricity Generation from Renewable Energy. *Review of Environmental Economics and Policy* 6(1):45–64.
- Trujillo-Baute, E., del Río, P., Mir-Artigues, P. (2018) Analysing the impact of renewable energy regulation on retail electricity prices, *Energy Policy*, 114, 153-164.

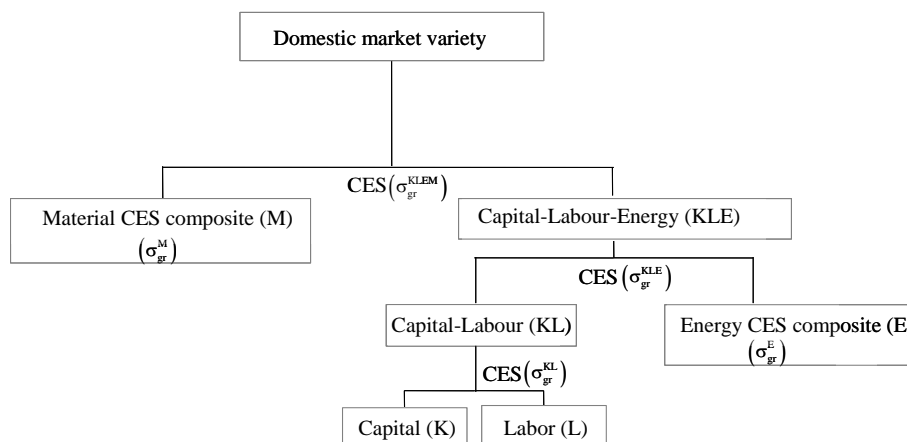
World Bank Ecofys and Vivid Economics (2017) State and Trends of Carbon Pricing
2017 by World Bank, Washington, DC. Doi: 10.1596/978-1-4648-1218-7.

7 Anexo A: Metodología

7.1 Estructura del modelo de equilibrio general.

El modelo de equilibrio general está formulado como un sistema de desigualdades no lineales. Las desigualdades corresponden a dos clases de condiciones asociadas con el equilibrio general de una economía: i) agotamiento de los mercados (cero beneficios), condiciones para productores con rendimientos constantes a escala; y ii) liquidación de mercado para todos los bienes y factores. La primera condición determina los niveles de actividad, y la segunda determina el nivel de precios. En equilibrio, cada variable está vinculada a una condición de desigualdad: un nivel de actividad a un agotamiento de la restricción del producto, y un precio de producto a una condición de liquidación de mercado. Las Figuras C1-C3 proporcionan una exposición gráfica de la estructura de producción. Numéricamente, el modelo se implementa en GAMS (Brooke et al., 1996) y se resuelve mediante PATH (Dirkse y Ferris, 1995).¹⁶

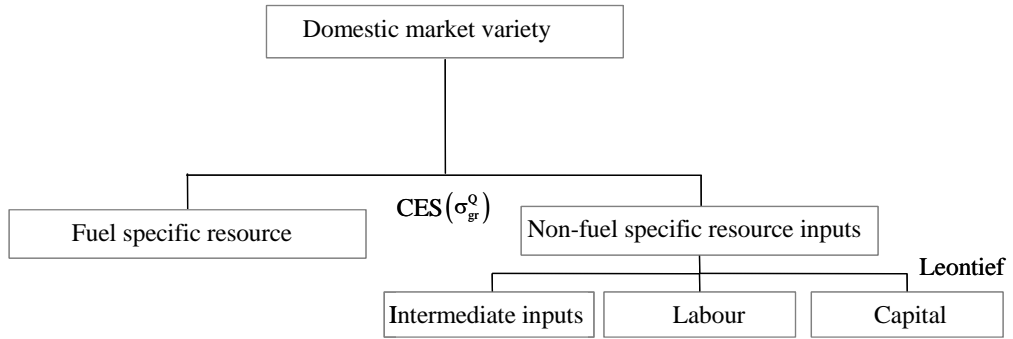
Figura A.1. Anidación de la producción (Excepto Combustibles fósiles).



Note: CES=constant elasticity of substitution.

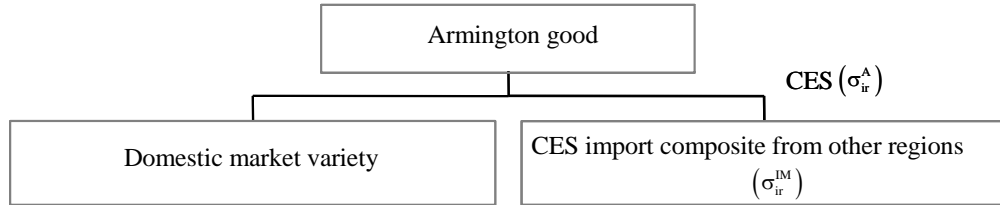
¹⁶ Dirkse, S., and M. Ferris (1995). The PATH Solver: A Non-monotone Stabilization Scheme for Mixed Complementarity Problems. *Optimization Methods & Software* 5: 123–56.

Figura A.2. Anidación de Combustibles fósiles.



Note: CES=constant elasticity of substitution.

Figura A.3. Armington anidación.



Note: CES=constant elasticity of substitution.

7.2 Modelo de demanda casi ideal (AIDS por sus siglas en inglés) y su estimación.

El modelo de demanda captura el comportamiento de los hogares. Para este ejercicio se ha estimado un modelo de demanda que permite calcular las elasticidades-precio de sustitución de los bienes analizados. De este modo se ha utilizado el bien conocido Sistema de Demanda Casi Ideal (AIDS por sus siglas en inglés) propuesto por Deaton and Muellbauer (1980). La principal ventaja de este modelo es que permite aproximaciones de primer orden. Además, este tipo de modelos satisfacen los axiomas del consumidor y no impone restricciones a la función de utilidad. En este caso se ha seguido una aproximación logarítmica y lineal para estimar esta función (LAIDS):

$$W_i = \alpha_i + \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} \ln p_j + \beta_i \ln \left(Y_i / \tilde{p} \right) + t + \sum_{i=1}^3 d_i + e_i \quad [\text{A.1}]$$

donde w_i representa el porcentaje de gasto del i sobre el gasto total para cada hogar, p_j es el precio del bien j , \tilde{p} establece el índice de precios de Stone, Y es el ingreso de cada hogar (así, Y/\tilde{p} representa el ingreso real), t es una variable temporal que captura el rol del ciclo en la economía, d_i es un conjunto de variables de control para cada hogar: la región donde está ubicado cada hogar en términos de NUTS 1; si el hogar es propietario de la vivienda donde vive; el número de habitaciones de cada hogar, la edad del cabeza de familia; si éste está desempleado, trabajando o jubilado; el número de personas activas del hogar; si el hogar está equipado con calefacción; y el tipo de familia del hogar. Finalmente e_{it} recoge el error de la estimación. Las restricciones de homogeneidad son:

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1 \quad [\text{A.2}]$$

$$\sum_{j=1}^n \gamma_{ij} = 0 \quad [\text{A.3}]$$

$$\sum_{i=1}^n \beta_i = 0 \quad [\text{A.4}]$$

Mientras que las de simetría están dadas por:

$$\gamma_{ij} = \gamma_{ji} \quad [A.5]$$

Finalmente, la suma de w_i debe satisfacer:

$$\sum_{i=1}^{14} w_i = 1 \quad [A.6]$$

En este estudio se han incluido 9 categorías de consumo: alimentación, vivienda, bienes duraderos, calefacción, electricidad, carburantes, transporte, ocio y educación y otros bienes. (la tabla A.1 representa la estimación llevada a cabo).

Tabla A.1: Estimación del AIDS.

	alimentación	vivienda	carburantes	electricidad	calefacción	transporte	ocio & educación	bienes duraderos
ln (p_alimentación)	0.030**	-0.007	-0.018*	-0.001	0.001*	0.014	-0.057*	-0.011
ln(p_vivienda)	-0.007	0.176*	-0.012*	0.011*	0.001	-0.003	-0.052*	-0.110*
ln(p_carburantes)	-0.018*	-0.012*	0.029*	-0.001*	-0.001*	-0.014*	-0.017*	0.037*
ln(p_electricidad)	-0.001	0.011*	-0.001*	0.015*	-0.001*	-0.004*	-0.008*	-0.007*
ln(p_calefacción)	0.001*	0.001	-0.001*	-0.001*	0.006*	-0.001*	-0.003*	-0.002*
ln(p_transporte)	0.014	-0.004	-0.014*	-0.003*	-0.001*	0.042*	0.013	-0.017
ln(p_ocio & educación)	-0.057*	-0.052*	-0.017*	-0.008*	-0.002*	0.013	0.131*	-0.014
ln(p_bienes duraderos)	-0.011	-0.110*	0.037*	-0.007*	-0.002*	-0.017	-0.015	0.097*
ln(p_otros bienes)	0.048*	-0.001	-0.003	-0.006*	-0.001*	-0.029*	0.008	0.028**

*Estadísticamente significativo al 5%.

** Estadísticamente significativo al 10%

8 Anexo 3: Función de bienestar social

La función de bienestar social planteada por Atkinson (1970) es:

$$SW = \frac{1}{N} \sum_h \frac{Y_h^{1-\varepsilon}}{1-\varepsilon} \quad [\text{A.7}]$$

Donde Y_h representa el ingreso real del hogar h , ε es el coeficiente que mide la aversión a la desigualdad de una sociedad y N representa el total de hogares analizados. Siguiendo a Böhringer et al. (2012), se exploran los cambios en el bienestar a través de los cambios producidos en la renta equivalente distribuida (Y_{ede}) definida por Atkinson (1970):

$$Y_{ede} = \left[\frac{1}{N} \sum_h Y_h^{1-\varepsilon} \right]^{\frac{1}{1-\varepsilon}}, \quad \text{if } \varepsilon \neq 1 \quad [\text{A.8}]$$

$$Y_{ede} = \prod_h Y_h^{\frac{1}{N}}, \quad \text{if } \varepsilon = 1 \quad [\text{A.9}]$$