

PAPELES
DE ECONOMÍA ESPAÑOLA

**TRANSICIÓN HACIA
UNA ECONOMÍA
BAJA EN CARBONO
EN ESPAÑA**

PAPELES DE ECONOMÍA ESPAÑOLA es una revista que edita trimestralmente Funcas. La revista pretende ofrecer una información rigurosa y responsable de los problemas económicos españoles. Cinco son los criterios a los que PAPELES DE ECONOMÍA ESPAÑOLA desea ajustar su contenido.

- La plena libertad intelectual de quienes colaboran en sus páginas.
- La responsabilidad de las opiniones emitidas y el respaldo riguroso de las afirmaciones realizadas mediante datos y pruebas que avalen los planteamientos efectuados y las soluciones propuestas.
- El compromiso de las opiniones con los problemas planteados. La economía española se encuentra ante uno de los mayores retos de su historia, y dar opiniones comprometidas en estos momentos es obligación ineludible de los profesionales más cualificados.
- La búsqueda y la defensa de los intereses generales en los problemas planteados.
- La colaboración crítica de los lectores, para que nuestros Papeles se abran al diálogo y la polémica, si fuera preciso, para buscar soluciones a problemas de la economía española.

PAPELES DE ECONOMÍA ESPAÑOLA se ofrece como un medio de expresión a cuantos se interesen por nuestros temas económicos, cumpliendo con el único requisito de la previa aceptación de las colaboraciones remitidas por el Consejo de Redacción que, sin embargo, respetuoso con la libertad intelectual no modificará las ideas, opiniones y juicios expresados por los autores ni tampoco se solidarizará con ellas.

PAPELES DE ECONOMÍA ESPAÑOLA está abierta a la colaboración de todos los investigadores que deseen aportar sus trabajos sobre temas referentes a la economía española. Los envíos de originales deberán hacerse al Departamento de Edición y Documentación de Funcas, Caballero de Gracia, 28. 28013 Madrid.

PAPELES
DE ECONOMÍA ESPAÑOLA

163

2020

ISSN: 0210-9107



PATRONATO

ISIDRO FAINÉ CASAS <i>(Presidente)</i>	CARLOS EGEA KRAVEL
JOSÉ MARÍA MÉNDEZ ÁLVAREZ-CEDRÓN <i>(Vicepresidente)</i>	MIGUEL ÁNGEL ESCOTET ÁLVAREZ
FERNANDO CONLLEDO LANTERO <i>(Secretario)</i>	AMADO FRANCO LAHOZ
	MANUEL MENÉNDEZ MENÉNDEZ
	PEDRO ANTONIO MERINO GARCÍA
	ANTONIO PULIDO GUTIÉRREZ
	VÍCTORIO VALLE SÁNCHEZ
	GREGORIO VILLALABEITIA GALARRAGA

PAPELES DE ECONOMÍA ESPAÑOLA

DIRECTORES

Eduardo Bandrés Moliné
José Félix Sanz Sanz

CONSEJO DE REDACCIÓN

CARLOS OCAÑA PÉREZ DE TUDELA <i>(Director)</i>	ELISA CHULIÁ RODRIGO
SANTIAGO CARBÓ VALVERDE	JUAN JOSÉ GANUZA
	RAYMOND TORRES

COORDINADORA DE EDICIÓN Y DOCUMENTACIÓN

Myriam González Martínez

PORTADA

Las barras muestran el aumento de la temperatura media en España entre los años 1901 y 2018, con datos de Berkeley Earth, y son parte de la iniciativa #ShowYourStripes.

EDITA

Funcas
Caballero de Gracia, 28. 28013 Madrid

IMPRIME

Advantia Comunicación Gráfica, S.A.

Depósito legal:	M. 402-1980
ISSN:	0210-9107
Precio del número impreso:	20 €
Versión digital:	Gratuita
Periodicidad:	Trimestral
Materia:	Economía del cambio climático
Disponible en formato digital:	www.funcas.es



© FUNCAS. Todos los derechos reservados. Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta publicación, así como la edición de su contenido por medio de cualquier proceso reprográfico o fónico, electrónico o mecánico, especialmente imprenta, fotocopia, microfilm, *offset* o mimeógrafo, sin la previa autorización escrita del editor.

«Transición hacia una economía baja en carbono en España»

Coordinado por Mikel González-Eguino y María José Sanz-Sánchez

SUMARIO

PRÓLOGO

La transición urgente

Christiana Figueres

Exsecretaria de Naciones Unidas para el Clima

V

INTRODUCCIÓN EDITORIAL

Transición hacia una economía baja en carbono en España

IX

COLABORACIONES

I. EL CAMBIO CLIMÁTICO, SUS IMPACTOS Y LAS IMPLICACIONES DE SU MITIGACIÓN EN ESPAÑA

Impactos del cambio climático en España: una revisión parcial:	2	<i>Juan Carlos Ciscar</i>
Análisis de impacto del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030 de España:	9	<i>Mikel González-Eguino</i> <i>Iñaki Arto</i> <i>Alejandro Rodríguez-Zúñiga</i> <i>Xaquin García-Muros</i> <i>Jon Sampedro</i> <i>Kurt Kratena</i> <i>Ignacio Cazcarro</i> <i>Alevgul H. Sorman</i> <i>Cristina Pizarro-Irizar y</i> <i>María José Sanz-Sánchez</i>

II. PROPUESTAS PARA ACELERAR LA MITIGACIÓN DESDE UN ENFOQUE SECTORIAL

Propuesta para la reforma del sector eléctrico en España:	24	<i>Tomas Gómez San Román</i> <i>Pedro Linares y</i> <i>Pablo Rodilla</i>
Medidas urgentes para reducir las emisiones en el sector transporte:	37	<i>Andrés Monzón de Cáceres y</i> <i>Natalia Sobrino Vázquez</i>

La descarbonización de la industria, retos y oportunidades:	54	<i>Javier Marqués y Txetxu Saenz de Ormijana</i>
El autoconsumo en edificios de viviendas bajo la perspectiva del nuevo marco legislativo:	71	<i>Cristóbal Gallego-Castillo Marta Victoria y Miguel Heleno</i>
Cambio climático, agricultura y uso de la tierra:	84	<i>María José Sanz-Sánchez e Itxaso Ruiz Iriarte</i>

III. POLÍTICAS TRANSVERSALES PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

Pautas para una reforma de la fiscalidad del transporte en España:	98	<i>Alberto Gago Xavier Labandeira José M. Labeaga y Xiral López-Otero</i>
<i>Transición justa</i> : la dimensión sociolaboral del cambio climático:	117	<i>Joaquín Nieto Sáinz Ana Belén Sánchez y Julieta Lobato</i>
Cambio climático y sistema financiero: una necesaria mirada al futuro:	130	<i>Clara I. González Martínez y Soledad Núñez Ramos</i>

IV. CIUDADES Y ACCIÓN CLIMÁTICA

Experiencias pioneras hacia una movilidad urbana más sostenible:	148	<i>Rocío Cascajo</i>
¿Están las ciudades españolas adaptándose al cambio climático?:	160	<i>Elisa Sainz de Murieta Marta Olazábal y Estíbaliz Sanz</i>

V. LA EXPERIENCIA EUROPEA EN MATERIA DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA

Legislando para una transición baja en carbono: experiencias en Reino Unido, Francia y España:	180	<i>Alina Averchenkova y Lara Lázaro Touza</i>
--	-----	---

La transición urgente

Christiana Figueres

Exsecretaria de Naciones Unidas para el Clima

*No dejes apagar el entusiasmo, virtud tan valiosa como necesaria;
trabaja, aspira, tiende siempre hacia la altura.*

Rubén Darío

No se puede alcanzar el éxito sin grandes dosis de optimismo y esperanza. Aún cuando queda una parte importante del camino por recorrer, la transición hacia una economía baja en carbono, como casi todas las victorias esperadas, partió de un fracaso inicial.

Tras el fallido intento de 2009 para alcanzar un acuerdo global que afrontase la crisis climática, se generalizó un sentimiento de frustración. Pero, muchos constatamos entonces que lo imposible no es un hecho, sino una actitud. Era evidente entonces que la transición energética necesitaba pasar de la confrontación a la colaboración; era necesario entender y asumir que los intereses locales no estaban forzosamente en contradicción con las necesidades globales.

Y así, tras seis años de trabajo incansable y sin perder el optimismo y la esperanza en que las personas y los países pueden unirse para mejorar su destino, 195 gobiernos aprobaron el Acuerdo de París. Una decisión que el futuro juzgará como uno de los hitos capitales que propició una renovada historia de éxito de la economía global en el siglo en que vivimos.

LA TECNOLOGÍA YA HA HECHO SU PARTE

En un mundo perfecto, las emisiones globales ya habrían alcanzado su punto máximo. En un mundo semiperfecto iniciaremos el descenso de las emisiones globales este año.

La comunidad científica –como los contables que son del planeta– han concluido que, para saldar la deuda contraída tras décadas de emisiones libres, debemos ajustar el presupuesto global de gases de efecto invernadero al menos a la mitad antes del año 2030, llegando a cero neto para el 2050.

No será fácil; pero, la tecnología ya hecho su parte del trabajo.

Al igual que las leyes de la termodinámica nos permiten predecir los fenómenos físicos, las de la innovación exponencial enunciadas por Gordon Moore o Richard Swanson nos ayudan a entender mejor las transformaciones que ahora estamos viviendo y las que se aproximan.

Entre 2010 y 2017, los costes de los proyectos fotovoltaicos y eólicos disminuyeron de media un 73 por 100 y un 22 por 100 respectivamente (1). Y, en 2020, más de tres cuartas partes de los proyectos de energía eólica terrestre y cuatro quintas partes de los de energía solar fotovoltaica que se pondrán en marcha, producirán una electricidad más barata que cualquier opción de carbón, petróleo o gas natural (2).

Una revolución tecnológica que ha alterado la ecuación económica, porque no solamente hablamos solo de costes sino de beneficios intrínsecos de la actividad. De soluciones que aportan un aire más limpio, más salud, un mejor transporte, ciudades más habitables, mayor seguridad energética, más acceso a la energía para el mundo en desarrollo... En fin, un planeta mejor que el que ahora tenemos.

SIN EXCUSAS

Las oportunidades que ofrece esta transición energética está privando de excusas a quienes durante años no han sabido o no han querido ver el cambio. Avanzar e incluso adelantar el cambio necesario, es hoy tan solo una decisión inteligente, la más inteligente desde todos los puntos de vista, también desde el económico.

La descarbonización representa un cambio estructural en la forma de producir y consumir. Supone una revolución tecnológica transversal a todos los sectores y generará cambios profundos y duraderos como los que trajeron consigo, por ejemplo, la primera revolución industrial o la digitalización de las comunicaciones. La forma y el alcance con que se afronte este cambio por parte de un país tendrá efectos directos en su capacidad de crecimiento económico y de liderazgo a futuro.

El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 del Gobierno de España es un buen ejemplo. Duplicando la penetración de energías renovables en la demanda final de energía para 2030 o apostando por la descarbonización del parque de automóviles, el plan pretende movilizar más de 200.000 millones de euros de inversión. Este gigantesco esfuerzo inversor se llevará a cabo mediante inversiones del sector privado en un volumen superior al 80 por 100; y, se estima que, entre otros beneficios, permitirá la creación de nuevos empleos (entre 253.000 y 348.000 por año a lo largo de la década) y la generación de un ahorro acumulado de más de 67.000 millones de euros en importación de combustibles fósiles.

Más allá de la elocuente magnitud de estos datos, lo verdaderamente relevante serán los cambios sustantivos que esta iniciativa puede traer consigo en términos de innovación, liderazgo tecnológico y desarrollo de nuevos productos. La descarbonización no es incompatible con la actividad económica, sino al contrario: abrirá la puerta a nuevos mercados y servicios en los que las ventajas competitivas tradicionales serán sustituidas por otras nuevas.

En ese escenario España tiene mucho que ganar. Frente a una carencia histórica de recursos energéticos, que ha ocasionado una enorme y constante detracción de renta vía dependencia exterior, ahora es uno de los países bendecidos por la abundancia de los nuevos recursos: sol, viento y agua. Y, las empresas españolas son ya líderes en muchos de los segmentos de esta nueva economía, como es el caso de las energías renovables. Es una oportunidad que no puede dejar escapar.

UN JUEGO DE SUMA POSITIVA

Se escucha a veces decir que la neutralidad en carbono es un lujo que no está al alcance de los países con menos recursos o que en la transición energética los países más vulnerables pierden.

El desafío conlleva dificultades, sin duda, pero la mayor de todas ellas es modificar las bases de las estructuras que soportan modelos de desarrollo económico diseñados bajo el lente de un crecimiento ilimitado basado en recursos naturales casi gratuitos y sociedades con ganadores y perdedores. Sería realmente una lástima que al enfrentarnos al principal reto de este siglo, perdiéramos la oportunidad de crear modelos de prosperidad más inclusivos que se pueden lograr mediante un comportamiento honesto y cooperativo.

El concepto transición justa, no significa transición lenta. Revertir los patrones de emisiones descarbonizando la economía nos ofrece una nueva ocasión en la historia para perfilar la mejor versión de la economía de mercado, incorporando países y grupos de personas a un modelo de desarrollo que no se olvide de las personas de hoy ni del planeta que pertenece a las generaciones futuras.

ENTONCES, ¿QUÉ NOS FALTA?

Disponemos de la evidencia de la urgencia y la ruta es clara. La tecnología nos lo permite y sus posibilidades aumentan todos los días. Los mercados financieros están comenzando a entender la oportunidad y la necesidad de este cambio de paradigma. Los gobiernos avanzan habilitando marcos claros y estables que propician que la transición florezca. Las nuevas generaciones están dispuestas a cambiar su forma de vida y sus costumbres, lo vemos cada viernes en las manifestaciones de *Fridays for Future*.

El optimismo transformador que permitió en el pasado pasar de la confrontación a la colaboración, es el que nos impulsa a decidir sobre el mundo que queremos y a trabajar para conseguirlo, sin ganadores ni perdedores.

El futuro se está diseñando ahora, no nos distraigamos, pasemos a la acción.

NOTAS

(1) IRENA: *Renewable Power Generation Costs in 2017*.

(2) IRENA: *Renewable Power Generation Costs in 2018*.

TRANSICIÓN HACIA UNA ECONOMÍA BAJA EN CARBONO EN ESPAÑA

INTRODUCCIÓN EDITORIAL

EN las próximas décadas nuestras sociedades experimentarán cambios muy profundos. Nuestro modelo de desarrollo tiene que realizar una transición ecológica para ser compatible con los límites físicos del planeta a la par que abordar los retos sociales, o fracasará. Esto es especialmente urgente si pensamos en las transformaciones que requerirá la respuesta a la crisis climática, y en las consecuencias que tendrán sus impactos en las poblaciones más expuestas y vulnerables.

Para cumplir los objetivos del Acuerdo de París y mantener el aumento de la temperatura global muy por debajo de los 2 grados centígrados, las emisiones globales de gases de efectos invernadero habrían de reducirse prácticamente a la mitad en 2030 y ser prácticamente cero hacia 2050. El tiempo se agota y si queremos contener la crisis climática, necesitamos realizar una transición energética a nivel global que sustituya rápidamente todos los combustibles fósiles por energías limpias y renovables.

En este contexto, la Unión Europea es el primer gran bloque económico que ha de ser un continente neutro en carbono para 2050 y el Parlamento Europeo ya ha declarado la emergencia climática, al igual que otros muchos de sus Estados miembros, como Francia o España. La nueva Comisión Europea presidida por Ursula von der Leyen, ha prometido un Pacto Europeo Verde (*European Green Deal*) que incluirá un aumento sustancial de los objetivos de reducción de emisiones a 2030, pasando del actual objetivo del 40 por 100 en 2030 a un objetivo situado entre el 50 y el 55 por 100. Este pacto contará con mecanismos para garantizar que esta transición sea socialmente justa y medidas para reforzar la competitividad del sector industrial europeo.

Para ello, la Comisión Europea planea convertir al Banco de Inversiones Europeo en un banco del clima, que dejara de financiar proyectos asociados a combustibles fósiles en 2021, y que movilizará al menos un billón de euros en inversiones sostenibles en la próxima década. En esta tarea cuenta con el apoyo de la nueva presidenta del Banco Central Europeo (BCE), Christine Lagarde, que ha señalado que está explorando cómo la política monetaria puede ayudar a dar respuesta a este objetivo.

**NUESTRO ACTUAL
MODELO DE
DESARROLLO NO ES
COMPATIBLE CON
LOS LÍMITES FÍSICOS
Y SOCIALES DEL
PLANETA**

**LA CRISIS CLIMÁTICA
REQUIERE DE UNA
RÁPIDA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA HACIA
LAS ENERGÍAS
RENOVABLES Y
HACIA EL AHORRO
Y LA EFICIENCIA
ENERGÉTICA**

**EL BANCO DE
INVERSIONES
EUROPEO (BEI)
DEJARÁ EN 2021 DE
INVERTIR EN NUEVOS
PROYECTOS DE
CARBÓN, PETRÓLEO
Y GAS**

**EL PARLAMENTO
EUROPEO HA
DECLARADO LA
EMERGENCIA
CLIMÁTICA**

La Comisión Europea aprobó en 2016 el denominado «Paquete de Invierno» (*Energía limpia para todos los europeos*) que desarrollada diversos reglamentos y directivas, impulsa la integración energética y la unión de la energía, así como la participación de los consumidores como agentes activos en la transición energética. Precisamente para asegurar que todos los Estado miembros contribuyen a los objetivos de la Unión Europea (UE), la Comisión Europea estableció en 2018 un Reglamento de Gobernanza por el que todos los Estados miembros debían elaborar un Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) para el período 2021-2030 y enviar una versión a la misma Comisión para su evaluación durante 2019. Los PNIEC han de detallar los objetivos a alcanzar y las políticas e instrumentos en las cinco áreas fundamentales de la unión de la energía: descarbonización, eficiencia energética, seguridad energética, mercado interior de la energía e investigación, innovación y competitividad, afectando a todos los sectores de la economía.

En este contexto de necesidad de aumentar la ambición climática global y de la UE, en España ha habido avances significativos en materia de transición energética, incluyendo pasos relevantes en materia de gobernanza como la creación de un Ministerio para la Transición Ecológica en el que quedaron integradas las responsabilidades y políticas sobre clima, energía y medioambiente. Además, su reciente transformación en Vicepresidencia para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, eleva la importancia de la agenda climática en la acción del gobierno y la coordinación de las políticas.

**EN ESPAÑA SE HA
DESARROLLADO
RECIENTEMENTE UN
AMBICIOSO MARCO DE
ENERGÍA Y CLIMA**

A nivel estatal, en los últimos años se ha desarrollado un marco estratégico sobre energía y clima que incluye el anteproyecto de Ley de Cambio Climático y Transición Energética; el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030, entregado a la Unión Europea; la Estrategia de descarbonización a largo plazo, 2021-2050 que se ha de entregar a las Naciones Unidas y a la Unión Europea; la Estrategia de transición justa; la Estrategia de pobreza energética; y el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030. Es de esperar que al finalizar el presente año 2020 se habrán sentado unas bases normativas y políticas para llevar a cabo la transformación del sistema energético nacional y la respuesta a la crisis climática.

**LA ENERGIA SOLAR Y
EÓLICA SON YA MÁS
BARATAS QUE LAS
ENERGÍAS FÓSILES**

Del mismo modo, y a todos los niveles de la administración se están acelerando las medidas para abordar la emergencia climática, con la elaboración de planes de acción climática y adaptación en numerosas comunidades autónomas, municipios y en las ciudades, que tienen que jugar un papel fundamental llevando a cabo una parte muy importante de la implementación final de las medidas.

Afortunadamente, y como señala en su apertura **Cristiana Figueres**, la tecnología ya ha hecho su parte, y es la hora de las políticas y de la acción. Entre 2010 y 2017, los costes de los proyectos fotovoltaicos y eólicos disminuyeron de media un 73 por 100 y un 22 por 100, respectivamente. Actualmente la mayoría de los proyectos fotovoltaicos y eólicos pueden producir electricidad más barata que cualquier opción con carbón, petróleo o gas natural.

Este número monográfico aborda el reto y las oportunidades que plantea la transición hacia una económica baja en carbono y resiliente al cambio climático en España. El número pretende contribuir mediante análisis y propuestas que permitan informar sobre cómo avanzar de una forma eficiente y equitativa hacia la descarbonización, y sobre cómo aprovechar también el potencial de esa transformación para la generación de nuevas industrias y nuevos empleos así como sus riesgos.

El número se organiza en torno a cinco bloques temáticos. El primero analiza los impactos del cambio climático en España y los impactos de la transición. España es uno de los países que potencialmente más puede verse afectado por el cambio climático y que, por el contrario, más podría beneficiarse de las oportunidades de la transición energética.

Juan Carlos Ciscar, inicia este bloque presentando una revisión de la literatura disponible sobre los impactos del cambio climático en España. Los modelos climáticos proyectan para España un siglo XXI mucho más cálido y seco y, según un estudio estadístico, los efectos acumulados del cambio climático podrían reducir el PIB per cápita en España un 46 por 100 en el 2100, respecto a una situación sin cambio climático. Además, los impactos sobre la salud humana, como el aumento de mortalidad por exceso de calor, se han identificados como muy significativos.

Mikel González-Eguino, Iñaki Arto, Alejandro Rodríguez-Zuñiga, Xaquín García-Muros, Jon Sampedro, Kurt Kratena, Ignacio Cazarro, Alevgul H. Sorman, Cristina Pizarro-Irizar y **María José Sanz-Sánchez**, exponen el impacto del reciente Plan Nacional Integrado de Energía y Clima de España, cuyo objetivo central es reducir las emisiones de gases de efecto invernadero un 23 por 100 con respecto a 1990. El estudio concluye que los efectos de la transición energética en España serán muy positivos con una creación estimada de 300.000 empleos netos y la reducción del 27 por 100 de las muertes prematuras asociadas la contaminación atmosférica. Según los autores, las soluciones para la crisis climática además de

ESPAÑA SERÁ UNO DE LOS PAÍSES MÁS AFECTADOS POR EL CAMBIO CLIMÁTICO Y QUE MÁS PODRÍA BENEFICIARSE DE LAS OPORTUNIDADES DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA SUPONDRÁ LA CREACIÓN DE 300.000 EMPLEOS NETOS EN LA PROXIMA DÉCADA EN ESPAÑA

UN SISTEMA ELÉCTRICO BASADO EN ENERGÍAS RENOVABLES PRESENTA IMPORTANTES RETOS QUE HAY QUE ABORDAR

EL ESPACIO DEDICADO EN LAS CIUDADES A LOS COCHES CONTINÚA SIENDO DESPROPORCIONADO

**LA INDUSTRIA
ESPAÑOLA PUEDE
APROVECHAR
LAS NUEVAS
OPORTUNIDADES QUE
SE ABREN A NIVEL
EUROPEO Y GLOBAL**

**EXISTE EL RIESGO DE
QUE LOS SISTEMAS
TERRESTRES DEJEN
DE SER COMO HASTA
AHORA SUMIDEROS
NETOS DE CARBONO**

**ES NECESARIA
UNA REFORMA
FISCAL AMBIENTAL
Y ENERGÉTICA
EN ESPAÑA PARA
ACELERARÁ LA
TRANSICIÓN**

**LA TRANSICIÓN
JUSTA ES UN PILAR
FUNDAMENTAL PARA
TODO PROCESO DE
RECONVERSIÓN**

urgentes y necesarias, pueden ser una gran oportunidad para los países importadores netos de combustibles fósiles que disponen de recursos renovables.

En el segundo bloque se revisan las soluciones en los distintos sectores clave. En concreto, se abordan los siguientes sectores: eléctrico, transporte, industria, residencial o edificios y los sectores asociados a la agricultura, bosques y cambio de usos del suelo.

Tomás Gómez San Román, Pedro Linares y Pablo Rodilla, analizan el papel del sector eléctrico. La transición hacia una economía descarbonizada requiere alcanzar un sistema eléctrico basado casi en su totalidad en fuentes renovables y en el que la demanda debe jugar un papel relevante. Sin embargo, un sistema eléctrico basado en energías renovables presenta importantes retos técnicos, regulatorios y políticos sobre los que conviene diseñar soluciones de largo plazo. En el artículo se presentan algunas propuestas para la reforma del sector eléctrico, centradas en el diseño del mercado eléctrico, el diseño de tarifa y el papel de las redes eléctricas.

En el siguiente artículo, **Andrés Monzón de Cáceres y Natalia Sobrino Vázquez**, abordan los retos del sector del transporte en el horizonte 2050. La evolución creciente de las emisiones constata que, a pesar de los compromisos adquiridos, no se está mejorando de modo suficiente. Se necesitan acciones más decididas, sobre todo para cambiar la distribución de la demanda, mayoritariamente ligada a la carretera, tanto en personas como en mercancías. Según los autores, para conseguir la reducción de las emisiones en el sector del transporte es necesario un cambio global del modelo de movilidad y una toma de conciencia individual de nuestras decisiones cotidianas.

Javier Marqués y Txetxu Saenz de Ormijana, presentan reflexiones sobre los retos y las oportunidades de la industria, un sector relevante a nivel de generación de empleo, consumo energético y emisiones de CO₂. La industria ha venido haciendo desde hace tiempo un importante esfuerzo en la mejora de la eficiencia energética y en la reducción del consumo de combustibles fósiles, y ahora se enfrenta al enorme desafío de la adaptación tecnológica y energética de sus procesos productivos. Sin embargo, según los autores, la industria puede transformar sus procesos productivos sin perder competitividad y además aprovechar las nuevas oportunidades que se abren en el contexto europeo e internacional.

A continuación, **Cristóbal J. Gallego-Castillo, Marta Victoria y Miguel Heleno**, examinan el sector de la edificación y, en concreto,

el del autoconsumo basado en la energía fotovoltaica en edificios de viviendas en España bajo el marco de la nueva legislación. Los resultados señalan que, bajo ciertas hipótesis conservadoras, el autoconsumo es viable en todo el territorio y permite cubrir en torno a un tercio del consumo eléctrico en edificios. Además, se proponen mejoras en la actual legislación de autoconsumo y en el diseño de los peajes de acceso para los consumidores.

LOS BANCOS CENTRALES YA ESTÁN ANALIZANDO LOS RIESGOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y DE LA TRANSICIÓN PARA PODER ACTUAR

Finalizando este bloque, **María José Sanz-Sánchez** e **Itxaso Ruiz Iriarte** exponen las tendencias y retos del sector terrestre (AFOLU), que a nivel global supone un 25 por 100 de las emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente por la deforestación, las emisiones del ganado y la aplicación de fertilizantes en los suelos, y que además es el sumidero del 30 por 100 de las emisiones. En el artículo se reflexiona sobre los factores que determinan estas tendencias y las medidas más adecuadas en el contexto de la UE y en España, a la par que introduce la elevada vulnerabilidad del sector al cambio climático. Según las autoras, es urgente que las estrategias de mitigación y adaptación en el sector terrestre estén bien integradas, ya que existe un riesgo de que se revierta la tendencia de estos sistemas a ser sumideros netos de carbono.

El tercer bloque es transversal, analizando aquellas políticas o reformas que pueden ayudar a acelerar la descarbonización, como son la fiscalidad, la reorientación del sector financiero y las políticas de transición justa para asegurar que el proceso sea socialmente justo y equitativo.

Iniciando este bloque, **Alberto Gago**, **Xavier Labandeira**, **José M. Labeaga** y **Xiral López-Otero**, analizan el papel de la fiscalidad energético-ambiental en los próximos años. La imposición energética ambiental será fundamental para acelerar la transición hacia una economía descarbonizada, pero en España ha tenido un papel marginal y poco coordinado entre las distintas administraciones. En este trabajo se formulan y evalúan una serie de propuestas de reforma de la fiscalidad sobre el transporte por carretera y la aviación, sectores cruciales y retrasados en su proceso de transformación.

Joaquín Nieto Saínz, **Ana Belén Sánchez** y **Julieta Lobato**, abordan la evolución del concepto de *Transición Justa* en la agenda climática. La transición justa es un pilar fundamental de los procesos de transición energética y de reconversión ecológica comenzados a nivel estatal y a nivel multilateral. También analizan las orientaciones y políticas de transición justa y, en particular, las directrices de la OIT y su aplicación en España. Asimismo, se aborda la Iniciativa internacio-

nal Acción Climática por el Empleo, lanzada por Naciones Unidas en Nueva York y presentada oficialmente en la COP25.

El artículo de **Clara I. González Martínez** y **Soledad Núñez Ramos** cierra este bloque. En él examinan el papel del sector financiero ante la crisis climática, así como los riesgos y oportunidades para el sistema financiero y en particular para el bancario. Los bancos centrales están analizando los riesgos físicos del cambio climático y los riesgos de la transición para el sistema financiero con el objetivo de integrarlos en las prácticas supervisoras y macroprudenciales. Las autoras hacen un repaso sobre cómo se están afrontando desde el sector financiero estos retos y la necesidad de adoptar un enfoque de futuro.

El cuarto bloque se centra en las ciudades. Las ciudades son un importante motor del cambio ya que implementarán una buena parte de las acciones de mitigación y adaptación, y conectan con importantes agendas como la reducción de la contaminación atmosférica y la salud pública.

Rocío Cascajo aborda la movilidad urbana que está experimentando importantes transformaciones en los últimos años debido a las nuevas tecnologías, los cambios demográficos y sociales. Según la autora, numerosas ciudades presentan niveles inaceptables de contaminación y la manera en la que nos desplazamos y movemos mercancías en las ciudades, sigue sin ser sostenible. Las emisiones de CO₂ provenientes del transporte siguen aumentando y el espacio dedicado en las ciudades a los coches continúa siendo desproporcionado. En el artículo se analiza la movilidad en las áreas metropolitanas españolas y su evolución en el tiempo, los gastos en transporte y recopila experiencias en el ámbito de la movilidad urbana que están siendo exitosas para la consecución de ciudades más sostenibles.

LOS NIVELES DE CONTAMINACIÓN EN MUCHAS CIUDADES SON INACEPTABLES

En su artículo, **Elisa Sainz de Murieta**, **Marta Olazabal** y **Estíbaliz Sanz**, revisan el progreso en materia de planificación de la adaptación en 54 ciudades españolas, identificando las fortalezas, así como las áreas de mejora y oportunidades para cada ciudad. De acuerdo con los resultados, queda mucho camino por recorrer, ya que solamente el 20 por 100 de las principales ciudades analizadas cuenta con políticas de adaptación incluidas en un plan climático. Para las autoras, los resultados de la evaluación sugieren la necesidad de escalar las responsabilidades e incluir los retos climáticos urbanos en la agenda autonómica y estatal. Los gobiernos nacionales y regionales tienen el potencial de desempeñar un papel más importante a la hora de desarrollar normativa básica para impulsar el desarrollo de planes y ofreciendo a las ciudades y municipios el soporte técnico y financiero

necesario para la elaboración de su planificación climática. Impulsar la capacitación y acción para reducir los riesgos climáticos en las ciudades no es únicamente un reto municipal, es un reto multinivel y urgente.

El último y quinto bloque recoge la experiencia de países europeos, en un único artículo, con el objetivo de obtener lecciones sobre políticas climáticas.

Alina Averchenkova y **Lara Lázaro Touza**, analizan los elementos fundamentales a considerar en la futura adopción de la Ley de Cambio Climático y Transición Energética de España, basándose en las experiencias de la Ley climática de Reino Unido de 2008 y en la Ley de transición energética de Francia de 2015. A continuación, examinan las propuestas de acción climática presentadas recientemente por el Partido Popular (PP), Unidas Podemos (UP) y Partido Socialista Obrero Español (PSOE), el apoyo de los partidos políticos y de los ciudadanos a los elementos esenciales de las leyes climáticas expuestos en la primera parte del artículo. El artículo concluye que existe un espacio de consenso en el diseño de la Ley de Cambio Climático y Transición Energética en España, incluso si persisten los desencuentros relativos a los instrumentos de política climática.

Esperamos que las aportaciones del conjunto de aportaciones de este monográfico contribuyan a avanzar en la senda del cumplimiento del Acuerdo de París y que ayuden a que la transición energética sea un éxito para toda nuestra sociedad. Como señala Cristiana Figueras: «el futuro se está diseñando ahora, no nos distraigamos, pasemos a la acción».

LA MAYORÍA DE CIUDADES NO CUENTAN CON POLÍTICAS DE ADAPTACIÓN

ES POSIBLE LOGRAR UN CONSENSO PARA LA APROBACION DE LA FUTURA LA LEY DE CAMBIO CLIMÁTICO EN ESPAÑA

EL FUTURO SE ESTÁ DISEÑANDO AHORA, NO NOS DISTRAIGAMOS, PASEMOS A LA ACCIÓN

COLABORACIONES

I.
**EL CAMBIO CLIMÁTICO, SUS IMPACTOS
Y LAS IMPLICACIONES DE SU MITIGACIÓN
EN ESPAÑA**

Resumen

El cambio climático puede provocar un amplio conjunto de impactos en la salud humana, el medio ambiente y la economía. En este artículo se revisa parte de la literatura disponible sobre los impactos del cambio climático en España. Los modelos climáticos proyectan para España un siglo XXI mucho más cálido y seco. El sur de Europa aparece como la zona más vulnerable al cambio climático en Europa. Según un estudio estadístico, los efectos acumulados sobre el PIB *per capita* para España podrían ser considerables, con una reducción del 46 por 100 en el 2100, respecto a una situación sin cambio climático. Los impactos sobre la salud humana (aumento de mortalidad por exceso de calor) pueden ser muy significativos.

Palabras clave: cambio climático, impacto, adaptación.

Abstract

Climate change can induce a large set of possible impacts on human health, the environment and the economy. This article makes a partial review of the available literature regarding climate impacts in Spain. Climate models show that Spain could become warmer and drier over the XXI century. The Southern Europe region appears as the most vulnerable region to climate change in Europe. According to a statistical study, the cumulative effects over Spanish per capita GDP could be very large, with a reduction of 46% in 2100, compared to a situation without climate change. Impacts on human health due to heat-related mortality can be also very significant.

Keywords: climate change, impact, adaptation.

JEL classification: Q50, Q51, Q54.

IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN ESPAÑA: UNA REVISIÓN PARCIAL

Juan Carlos CISCAR (*)

Comisión Europea, JRC

I. INTRODUCCIÓN

EL cambio climático es una de las principales amenazas a las que se enfrenta la humanidad en la actualidad. El problema es de tal magnitud que su solución requiere una transformación radical del sistema energético y económico. Es necesario reducir de forma drástica y en un horizonte temporal muy corto, de unas pocas décadas, las emisiones que provocan el cambio climático, *i.e.* los gases de efecto invernadero (GEI).

En el horizonte 2030, cada país europeo tiene fijadas sus respectivas metas nacionales y los planes sobre cómo lograrlas. El borrador actualizado del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030, presentado por el Gobierno español a principios de 2019 (MINTECO, 2020), define los principales objetivos en materia energética y climática (1): las emisiones de GEI se han de reducir en un 23 por 100 en el 2030 (respecto a los niveles de 1990); la intensidad energética (medida en términos de consumo de energía primaria por unidad del PIB) se reduce un 3,5 por 100 anual hasta 2030 y el 74 por 100 de la generación de electricidad procederá de fuentes de energías renovables en 2030; la dependencia energética del exterior mejorará en 12 puntos porcentuales, pasando del 73 por 100 en 2017 al 61 por 100 en 2030. Todos estos objetivos son coherentes con la reducción a más largo plazo de, al menos, un 90 por 100 de las emisiones

de GEI en 2050, consistente con la meta europea de neutralidad climática.

En este marco, la Comisión Europea ha propuesto recientemente a los Estados miembros de la Unión Europea revisar la hoja de ruta hacia una descarbonización de la economía, presentando una visión de Europa con cero emisiones netas de GEI en 2050 (Comisión Europea, 2018). Reafirmando este compromiso, la Comisión acaba de presentar el Pacto Verde Europeo (Comisión Europea, 2019), una nueva estrategia de crecimiento destinada a transformar la Unión Europea, consiguiendo que su economía y su sociedad se sitúen en una senda más sostenible.

Este artículo se centra en algunas de las razones por las que es importante para España alcanzar semejantes metas medioambientales y climáticas. Reducir masivamente las emisiones de GEI y el consumo de energía conlleva un amplio conjunto de beneficios para la sociedad, la economía y el entorno natural, como son una menor contaminación atmosférica, menor vulnerabilidad macroeconómica a *shocks* en los precios energéticos, mejor protección y conservación de los espacios naturales, y menores impactos del cambio climático.

El cambio climático está vinculado a un amplio conjunto de posibles impactos en la salud humana, el medio ambiente y la economía, con grandes reper-

CUADRO N.º 1

SECTORES SOCIOECONÓMICOS Y SISTEMAS NATURALES EVALUADOS POR EL PNACC (2)

Agua	Biodiversidad	Bosques	Sector agrario
Caza y pesca continental	Suelos y desertización	Salud humana	Transporte
Industria	Turismo	Finanzas y seguros	Urbanismo y construcción
Energía	Sociedad	Medio marino	Zonas costeras
Medio rural	Medio urbano	Islas	Zonas de montaña

cusiones potenciales. El sur de Europa aparece como una de las zonas más vulnerables al cambio climático en Europa, según diversos estudios (e. g. Ciscar *et al.*, 2018). En este artículo se revisa parte de la literatura disponible sobre los impactos físicos y económicos del cambio climático en España, de forma no exhaustiva, dado el gran volumen de referencias. Para un análisis más detallado se puede consultar la amplia y rica documentación recogida en el cuarto informe de seguimiento del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (OECC, 2019). El cuadro n.º 1 muestra los veinte sectores socioeconómicos y sistemas naturales del PNACC.

Los estudios que evalúan los impactos climáticos son relevantes para las dos principales áreas de la política climática: en primer lugar, la de mitigación o reducción de emisiones de GEI, ya que se puede estimar cuánto se reducirían los daños climáticos en escenarios con ciertos niveles de mitigación global (impactos evitados) y, en segundo lugar, la política de adaptación, la cual analiza de qué forma pueden reducirse los posibles impactos climáticos a partir de medidas específicas en un sector y geografía determinadas.

El estudio de impactos climáticos es una tarea compleja que conlleva la integración de múltiples disciplinas científicas y está sujeta, además, a numerosas incertidumbres. Cualquier estudio de impacto recoge tres etapas principales. En primer lugar, se consideran una serie de *proyecciones climáticas* (derivadas de modelos climáticos de muy alta resolución espacio-temporal) respecto a las variables que pueden provocar los impactos físicos, como la temperatura, la precipitación, la humedad atmosférica y el nivel del mar. No solo se recogen los valores medios, sino también los extremos, los cuales son fundamentales para ciertos impactos. En segundo lugar, se utilizan *modelos cuantitativos* que simulan los posibles impactos físicos de las proyecciones climáticas en los distintos sectores o categorías de impacto (e. g. cosechas agrícolas, inundaciones de ríos, mortalidad debida a olas de calor, etc.). Hay dos tipos de modelos: *modelos de proceso*, como es el caso de los modelos de cultivos específicos para la agricultura, que modelizan detalladamente los mecanismos causales que dan lugar a los impactos climáticos; por otra parte, los *modelos empíricos*, como los estudios epidemiológicos que evalúan la relación entre mortalidad humana y temperatura, se centran en la

asociación estadística entre la variable climática y el impacto de interés. Cada enfoque tiene sus ventajas e inconvenientes. En general, los modelos de proceso pueden ser más robustos, pero requieren más datos, y mayores recursos y tiempo de ejecución. En una tercera etapa, los impactos físicos se valoran en *términos económicos*, cuando ello resulta factible.

La incertidumbre permea cada una de estas etapas, de forma que el resultado final acumula los efectos de la incertidumbre de todas ellas.

El artículo se divide en cuatro secciones, incluyendo esta introducción. La sección segunda presenta, brevemente, las principales proyecciones climáticas para España, que pueden ayudar a entender los principales canales de impacto climático. En la sección tercera se revisan algunos estudios agregados, sectoriales y un proyecto integrado multimpacto con resultados para el sur de Europa. La sección cuarta concluye con una serie de reflexiones finales.

II. PROYECCIONES CLIMÁTICAS

En esta sección se presentan, de manera resumida, las principales proyecciones climáticas para España. Los modelos climáticos proyectan un siglo XXI mucho más cálido y seco.

La modelización de la evolución del clima a largo plazo es una tarea muy compleja que absorbe enormes recursos computacionales, empleando en la actualidad los mayores supercomputadores del planeta. Estas simulaciones contienen proyec-

ciones de numerosas variables climáticas, como las temperaturas máximas, precipitación media, evapotranspiración o velocidad del viento, los cuales serán los datos de entrada en los modelos sectoriales de impacto climático.

Hay dos tipos de modelos climáticos: por una parte, los modelos de circulación general (MCG) son modelos mundiales que realizan simulaciones aproximadamente a unos 100 km de resolución espacial; por otra parte, dado que los estudios de impacto y adaptación requieren proyecciones climáticas con mayor resolución espacial (lo cual añade más incertidumbre a las proyecciones climáticas), se utilizan los modelos regionales de clima (MRC). Los MRC parten de las condiciones de contorno obtenidas a partir de los MCG y producen simulaciones detalladas, que pueden llegar a tener una resolución de 10 km o incluso superior.

Amblar *et al.* (2017), en el marco del PNACC, presentan la última generación de proyecciones regionalizadas de cambio climático para España, elaborada por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). Los MCG proceden del quinto Informe de Evaluación (AR5) del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) y las proyecciones de los MRC del proyecto EURO-CORDEX.

Estos autores consideran tres familias de trayectorias de concentración representativas, los llamados *representative concentration pathways* (RCPs): *RCP4.5*, *RCP6.0* y *RCP8.5*. Cada RCP tiene asociado un nivel de forzamiento radiactivo para finales del siglo XXI, estrechamente asociado a la senda de emisiones de GEI.

Los escenarios *RCP6.0* y *RCP8.5* se suelen interpretar como escenarios de referencia en los que no se realizan esfuerzos de mitigación.

Considerando las tres trayectorias RCPs y varias simulaciones climáticas para cada una de ellas, se encuentra una clara tendencia al alza en la temperatura máxima en todos los escenarios, con aumentos mayores de temperatura en los escenarios de mayor forzamiento radiactivo; a finales de siglo la temperatura media podría subir en torno a los 5 °C para el escenario *RCP8.5*. En cuanto a la precipitación (cuyas proyecciones son más inciertas que en el caso de las de temperatura), su tendencia es decreciente para todos los escenarios RCP, pudiendo llegar a una reducción en el entorno del 15 por 100 a finales de siglo para el escenario *RCP8.5*.

En el marco del PNACC y usando como fuentes AEMET y EURO-CORDEX, la herramienta de Internet «Visor de Escenarios de Cambio Climático» (3) permite la visualización y descarga de datos relativos al clima futuro de España, con proyecciones regionalizadas.

III. PROYECCIONES DE IMPACTOS

En esta sección se revisan estudios con resultados para España o el sur de Europa. En primer lugar, hay estudios de tipo agregado que han cuantificado el impacto del cambio climático en el PIB o el crecimiento económico. En segundo lugar, se resumen algunos estudios sectoriales, incluido el estudio *JRC PESETA III*, que se centra en los impactos climáticos en Europa, con resultados

para varias macrorregiones (4), entre las cuales se encuentra el sur de Europa.

– Burke, Hsiang (2015) lograron una estimación econométrica robusta de la relación entre crecimiento económico y variables climáticas. Para ello, utilizando datos de panel (166 países, datos anuales del período 1960-2010) estiman una ecuación en la que el crecimiento del PIB de cada país es explicado por la temperatura, la precipitación y una serie de *dummies* o efectos fijos que capturan los otros determinantes del crecimiento económico. Su conclusión principal es que la relación entre el crecimiento económico y la temperatura es de tipo parabólico; existe un valor de la temperatura óptimo, de forma que valores de temperatura mayores o menores inducen un menor crecimiento; y este efecto es mayor cuanto más alejada esté la temperatura de su valor óptimo. De esta forma, en países fríos el aumento de temperatura, debido al cambio climático, induce un mayor crecimiento económico y, a la inversa, en países templados una mayor temperatura reduce el crecimiento.

En una segunda fase del estudio, empleando proyecciones climáticas (del escenario de altas emisiones *RCP8.5*) y de crecimiento económico y poblacional (los llamados *shared socioeconomic pathways* (Riahi *et al.*, 2017), *SSPs*, en concreto el *SSP3* y *SSP5*), realizan proyecciones de la evolución futura del PIB, con intervalos de confianza estadísticos. Los efectos acumulados sobre el PIB para España (5) son considerables, ya que el PIB per cápita podría ser hasta un 46 por 100 menor en el 2100, respecto a una situación sin cambio cli-

mático. De esta forma, mientras que en el escenario sin cambio climático el PIB per cápita crece aproximadamente al 2 por 100 a lo largo del siglo XXI, el calentamiento proyectado hace que la tasa de crecimiento en términos per cápita se reduzca progresivamente, llegando a ser de aproximadamente el 0,5 por 100 hacia finales de siglo.

Las proyecciones estocásticas indican que la probabilidad de que el PIB per cápita a final de siglo se reduzca más de un 10 por 100 es del 89 por 100, siendo esta del 83 por 100 para una reducción superior al 20 por 100 y del 43 por 100 para reducciones mayores al 50 por 100.

– Respecto a los estudios sectoriales de impacto, el proyecto *JRC PESETA III* (6) evalúa los impactos del cambio climático en Europa en once sectores: costas, inundaciones fluviales, sequías, agricultura, demanda de energía, transporte, agua, pérdida de hábitats, incendios forestales, productividad laboral y mortalidad debida a episodios extremos de calor. Para ello se consideran dos escenarios climáticos muy distintos, ambos de la familia *RCP8.5*; en un primer escenario se supone que no se toman medidas de mitigación (escenario de referencia), mientras que en el segundo escenario se supone que la temperatura global del planeta se estabiliza en los dos grados centígrados, el objetivo del Acuerdo de París.

De los once sectores de impacto, seis proporcionan efectos que se han podido valorar en términos económicos (costas, inundaciones fluviales, agricultura, demanda de energía, productividad laboral y mortalidad humana debida al calor).

Los mismos se integran en un modelo multisectorial computable de equilibrio general, lo que permite su comparación en términos relativos. Los distintos impactos económicos directos calculados por los modelos biofísicos se pueden interpretar en el contexto de equilibrio general como uno de estos tres tipos de mecanismos de daño: pérdida de producción o productividad, destrucción de *stock* de capital y cambios en la demanda (con el consiguiente impacto en la función de utilidad).

El análisis económico se realiza en términos de *estática comparativa*, de forma que se simula cómo el clima futuro podría afectar a la economía de hoy en día. Este parece el marco natural de la metodología de equilibrio general computable, evaluándose el impacto económico del cambio climático respecto al equilibrio inicial o año base del modelo, tal como lo recogen las estadísticas de contabilidad nacional en la matriz de contabilidad social. Este enfoque evita, asimismo, realizar hipótesis sobre el desarrollo económico (no relacionadas con las variables climáticas) en un horizonte de muy largo plazo (varias generaciones), lo que añadiría gran incertidumbre a los resultados.

En cuanto a los resultados económicos del estudio (referidos a los seis sectores mencionados anteriormente), hay varios particularmente relevantes para el sur de Europa. En primer lugar, casi todos los impactos son negativos en esta región, que resulta ser además la más vulnerable al cambio climático en términos relativos. Para los impactos económicos considerados, la pérdida de bienestar en el sur de Europa puede ser

cerca de un orden de magnitud superior a la que registraría la región del norte de Europa. En segundo lugar, el impacto económico debido a la mortalidad motivada por el calor extremo es dominante en el sur de Europa, respecto a las otras categorías de impacto climático, representando unas tres cuartas partes de la pérdida total de bienestar. Por último, otro resultado interesante se refiere a la gran capacidad de las políticas de mitigación para reducir los impactos climáticos (comparando los daños en el escenario de altas emisiones con los derivados en el escenario de los dos grados).

Respecto a los sectores no incluidos en el análisis económico, también aparecen varios resultados de relevancia para España. En un escenario de dos grados, las sequías se podrían agravar todavía más en el oeste del Mediterráneo. Los flujos de agua de los ríos podrían disminuir en todas las estaciones en la zona mediterránea. España aparece también como uno de los países con mayor riesgo de incendios forestales. Además, en un escenario de altas emisiones se estima que el 16 por 100 del hábitat mediterráneo podría volverse árido a finales de siglo.

Es importante señalar que, a pesar de incluirse once sectores de impacto, el estudio *JRC PESETA III* no cubre importantes áreas de potencial daño climático, como es el caso de los posibles efectos sobre los ecosistemas naturales (que, en última instancia, sustentan la vida del planeta) o las posibles consecuencias del cambio climático sobre los flujos migratorios internacionales, que podrían afectar de forma importante al continente europeo. Al ser la cobertura incom-

pleta, los resultados subestiman la magnitud del impacto total, probablemente de forma muy significativa.

En el caso de los flujos migratorios, Missirian y Schlenker (2017) utilizaron estadísticas de solicitud de asilo en la Unión Europea procedentes de 103 países entre el 2000 y el 2014 para estimar de qué forma la variación de temperatura en los países de procedencia puede afectar a las solicitudes de asilo. El mecanismo explicativo reside en la influencia de la temperatura en los rendimientos agrícolas: si las temperaturas no son las adecuadas se obtienen menores cosechas, lo que puede dar lugar a un mayor número de solicitudes de asilo.

Aplicando la relación estadística estimada a proyecciones de emisiones futuras, los autores concluyen que las solicitudes de asilo hacia la Unión Europea podrían triplicarse en el 2100 (respecto a la media de los últimos quince años) en el caso de un escenario sin mitigación.

Otros impactos muy graves, de enorme importancia, tampoco se han tenido en cuenta. Los posibles efectos catastróficos de superar ciertos umbrales del sistema climático de forma irreversible necesitan ser analizados en profundidad. Por ejemplo, una ralentización de la corriente de circulación termohalina en el océano Atlántico podría perturbar de forma importante el patrón de las corrientes oceánicas en el Atlántico y afectar de manera permanente al clima de Europa occidental.

Otra limitación del proyecto reside en que no considera el potencial de las medidas de

adaptación pública para reducir los impactos, que podría ser muy elevado (7).

– Antes de pasar a las conclusiones, se revisan a continuación resultados cuantitativos para dos sectores particularmente importantes: salud humana y turismo. El cambio climático puede afectar a la salud humana de múltiples formas: mortalidad asociada a olas de calor, reducción en la productividad laboral, mayor difusión de enfermedades tropicales debidas al cambio en el clima de las zonas templadas, etc. (Watts *et al.*, 2019; ISTAS, 2019).

Díaz *et al.* (2019) evalúan para España los efectos sobre la mortalidad debida al exceso de calor, con y sin adaptación. Estos autores simulan el aumento en mortalidad para un escenario de altas emisiones (*RCP8.5*) en los períodos 2021-2050 y 2051-2100. Para ello parten de la evidencia disponible en el período 2000-2009, diferenciando los umbrales por provincias de temperatura máxima que definen una ola de calor.

Concluyen que, sin adaptación, para el período 2021-2050 (con un aumento de temperatura de 1,6 °C) la mortalidad podría aumentar en 1.414 personas/año y para el período 2051-2100 (con un aumento en temperatura de 3,3 °C) la mortalidad alcanzaría las 12.896 personas/año. Con adaptación, modelada como una reducción a lo largo del tiempo de los umbrales de temperatura que definen las olas de calor, las proyecciones de mortalidad se reducen considerablemente, hasta 651 personas/año y 931 personas/año para los períodos 2021-2050 y 2051-2100, respectivamente. Se estima que los

beneficios de la adaptación para el período 2051-2100 serían de 49.100 millones de euros/año (8).

– Barrios e Ibáñez (2015) emplean un enfoque econométrico para estimar la relación entre demanda de turismo y cambio climático; realizan una valoración hedónica de las condiciones climáticas combinando información del precio de los hoteles y del coste de la distancia recorrida por los turistas. Si el clima del 2100 ocurriese hoy, esto podría suponer una disminución de los ingresos turísticos en Europa del orden del 0,2 por 100 del PIB. Hay una gran asimetría espacial en Europa, con ganancias en el norte de Europa y pérdidas en el sur. Los ingresos turísticos (en porcentaje del PIB) podrían caer en torno a un 0,6 por 100 o 0,7 por 100 en España.

IV. REFLEXIONES FINALES

Este artículo ha revisado parte de la literatura sobre los impactos climáticos en España. El PNACC ha significado un gran avance en el entendimiento de los posibles impactos climáticos y medidas de adaptación en un amplio conjunto de sectores y sistemas naturales.

En un futuro proyecto se podrían coordinar y armonizar los diversos estudios sectoriales de forma que empleasen los mismos escenarios climáticos, siguiendo por ejemplo la metodología de estudios multiimpacto similares a nivel continental (Ciscar *et al.*, 2019). Entre los diversos sectores de impacto, aquellos que afectan a la salud humana aparecen como fundamentales (e. g. Greenstone, 2019), con lo que este sector podría recibir una especial atención.

Antes de concluir, es importante recordar las enormes limitaciones a las que se enfrenta el análisis económico para calcular el coste económico total del cambio climático. En primer lugar, hay ciertas categorías de impacto climático cuya magnitud física se desconoce, pero que pueden resultar cruciales, como es el caso de los impactos de tipo catastrófico. Asimismo, no todas las categorías de impacto climático para las cuales existen estimaciones físicas de impacto se pueden valorar en términos monetarios. Estas categorías de impacto de difícil evaluación parecen ser, asimismo, aquellas con un potencial de disrupción socioeconómica más elevado.

De hecho, parece existir una cierta relación inversa entre la gravedad de los impactos del cambio climático y su propia cuantificación. La evidencia reciente de la ciencia climática consolidada en los últimos años parece indicar, sin embargo, que la magnitud y alcance del fenómeno resulta tener lugar más rápida e intensamente de cuanto se pensaba hace unos años (Voosen, 2019) y, por tanto, los impactos extremos de difícil evaluación pueden tener una probabilidad de ocurrencia mayor de lo supuesto hasta ahora; su análisis es una clara prioridad de investigación.

Esta problemática también tiene su reflejo en las funciones agregadas de daño climático y en la interpretación de los resultados derivados del uso de las mismas.

La agregación de los impactos calculados con estudios económicos sectoriales resulta incompleta y, por tanto, no puede interpretarse como el coste económico total del cambio climá-

tico, sino más bien como una mínima fracción suya (la más fácilmente cuantificable).

En todo caso, surge la necesidad y oportunidad de desarrollar una estrecha cooperación multidisciplinar, con un gran potencial a la hora de obtener una panorámica consistente de los impactos del cambio climático con diversas métricas, más allá de la estrictamente económica.

NOTAS

(*) Las opiniones expresadas en este artículo corresponden al autor, y no reflejan necesariamente las de la Comisión Europea. El autor desea agradecer a Dolores Ibarreta y Antonio Soria (ambos del JRC) los comentarios y sugerencias recibidos.

(1) Véase GONZÁLEZ-EGUINO *et al.* (2020) en este monográfico para un análisis del impacto del PNIEC de España.

(2) https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/plan-nacional-adaptacion-cambio-climatico/Eval_sec_imp_eje_i.aspx

(3) http://escenarios.adaptecca.es/#&model=multimodel&variable=tasmax&scenario=rcp85&temporalFilter=YEAR&layers=AREAS&period=MEDIUM_FUTURE&anomaly=RAW_VALUE

(4) Formadas por varios países.

(5) Los resultados para todos los países se encuentran disponibles en: <https://web.stanford.edu/~mburke/climate/map.php>

(6) <https://ec.europa.eu/jrc/en/peseta-iii>

(7) En el estudio *JRC PESETA IV*, cuya finalización está prevista en el año 2020, se estudian las medidas de adaptación en los sistemas costeros y en las inundaciones fluviales, realizándose un detallado estudio coste-beneficio.

(8) Se utiliza un valor de vida estadística -VSL- de 4,27 millones de euros/persona.

BIBLIOGRAFÍA

AMBLAR, P. *et al.* (2017). *Guía de escenarios regionalizados de cambio climático sobre España a partir de los resultados del IPCC-AR5*. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación

y Medio Ambiente Agencia Estatal de Meteorología.

BARRIOS, S. e IBÁÑEZ, J. N. (2015). Time is of the essence: adaptation of tourism demand to climate change in Europe. *Climatic Change*, 132(4), pp. 645-660.

BURKE, M., HSIANG, S. y MIGUEL, E. (2015). Global non-linear effect of temperature on economic production. *Nature*, 527, pp. 235-239.

CISCAR, J. C., IBARRETA, D., SORIA, A. *et al.* (2018). Climate impacts in Europe: Final report of the JRC PESETA III project. *EUR 29427 EN*. Luxembourg Publications Office of the European Union, ISBN 978-92-79-97218-8. Doi:10.2760/93257, JRC112769.

CISCAR, J. C., RISING, J., KOPP, R. E. y Feyen, L. (2019). Assessing future climate change impacts in the EU and the USA: insights and lessons from two continental-scale projects. *Environ. Res. Lett.*, 14 084010.

COMISIÓN EUROPEA (2018). Un planeta limpio para todos. La visión estratégica europea a largo plazo de una economía próspera, moderna, competitiva y climáticamente neutra. *Comunicación de la Comisión, COM/2018/773 final*.

— (2019). The European Green Deal. *Comunicación de la Comisión, COM(2019) 640 final*.

DÍAZ, J., SÁEZ, M., CARMONA, R. *et al.* (2019). Mortality attributable to high temperatures over the 2021-2050 and 2051-2100 time horizons in Spain: Adaptation and economic estimate. *Environmental Research*, 172, pp. 475-485.

GONZÁLEZ-EGUINO, M., ARTO, I., RODRÍGUEZ-ZÚÑIGA, A. *et al.* (2020). Análisis de impacto del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030 de España. *Papeles de Economía Española*, 163.

GREENSTONE, M. (2019). Statement of Michael Greenstone presented to the United States House Committee on Oversight and Reform, Subcommittee on Environment, hearing on *Economics of Climate Change*, 19 December 2019. Disponible en <https://epic.uchicago>.

<p>edu/wp-content/uploads/2019/12/Greenstone-Testimony-12192019-FINAL.pdf</p> <p>ISTAS (2019). SALUADAPT. La adaptación y la protección de la salud ante el cambio climático. Catálogo de experiencias y buenas prácticas en administraciones públicas y empresas.</p> <p>MINTECO (2020). Borrador actualizado del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030, Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico, 22 de enero. Madrid.</p>	<p>MISSIRIAN, A. y SCHLENKER, W. (2017). Asylum applications respond to temperature fluctuations. <i>Science</i>, 358, pp. 1610-1614.</p> <p>OECC (2018). Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. Cuarto Informe de Seguimiento. Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.</p> <p>RIahi, K., VAN VUUREN, D. P., KRIEGLER, E. M. et al. (2017). The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions</p>	<p>implications: An overview. <i>Global Environmental Change</i>, 42, pp. 153-168. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.009</p> <p>VOOSEN, P., 2019. New climate models forecast a warming surge. <i>Science</i>, 364, pp. 222-223.</p> <p>WATTS, N. et al. (2019). The 2019 report of The Lancet Countdown on health and climate change: ensuring that the health of a child born today is not defined by a changing climate. <i>The Lancet</i>, 394, pp. 1836-1878.</p>
--	---	--

Resumen

Este artículo recoge un análisis del impacto del borrador del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030 de España, cuyo objetivo central es reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) un 23 por 100 con respecto a 1990. El estudio utiliza varios modelos (DENIO y FASTT-TM5) para abordar los impactos de una forma integrada y multidisciplinar. Los resultados obtenidos muestran que el PNIEC movilizaría 241.000 millones de euros, de los cuales un 80 por 100 provendría de financiación privada. Las medidas del PNIEC reducirían en 67.000 millones de euros la importación de combustibles fósiles, que serían sustituidos por energías renovables autóctonas, y generarían un aumento del PIB del 1,8 por 100 en 2030 y del empleo neto entre 253.000 y 348.000 empleos/año. La reducción de GEI, lleva asociada una importante reducción de emisiones de contaminantes atmosféricos que causan daño a la salud (SO₂, NO_x, PM_{2,5}, entre otras), lo que supondría una reducción del 27 por 100 de las muertes prematuras. Una conclusión robusta de este trabajo, similar a la de otros estudios recientes (OCDE, 2017; Comisión Europea, 2018; FUNSEAM, 2018 o IRENA, 2019), es que las soluciones para la crisis climática además de urgentes y necesarias, son una oportunidad, si son bien aprovechadas por aquellos países importadores netos de combustibles fósiles y que además disponen de recursos renovables.

Palabras clave: evaluación políticas públicas, energía, cambio climático, contaminación atmosférica.

Abstract

This article analyses the impact of the draft of the National Integrated Energy and Climate Plan (PNIEC) 2021-2030 of Spain, whose main objective is to reduce greenhouse gas emissions by 23% compared to 1990. The study uses several models (DENIO and FASTT-TM5) to address impacts in an integrated and multidisciplinary way. The results obtained show that PNIEC would mobilize 241 billion euros, of which 80% would come from private financing. The PNIEC measures would reduce the imports of fossil fuels by 67 billion euros, which will be replaced by local renewable energies, and would generate a GDP increase of 1.8% in 2030 and new net employment between 253,000 and 348,000 jobs/year. The reduction of GHGs, is associated with a significant reduction of emissions of air pollutants that cause damage to health (such as SO₂, NO_x or PM_{2,5}), which would mean a reduction of 27% of premature deaths. A robust conclusion of this work, similar to that of other recent studies (OECD, 2017; Comisión Europea, 2018; FUNSEAM, 2018 or IRENA, 2019), reveals that solutions for the climate crisis are not only urgent and necessary, but also present an opportunity, especially if they are well developed for countries that are net importers of fossil fuels and have renewable resources.

Keywords: evaluation of public policies, energy, climate change, air pollution.

JEL classification: C60, Q40, Q53, Q54.

ANÁLISIS DE IMPACTO DEL PLAN NACIONAL INTEGRADO DE ENERGÍA Y CLIMA (PNIEC) 2021-2030 DE ESPAÑA (*)

Mikel GONZÁLEZ-EGUINO (**)

Iñaki ARTO

Alejandro RODRÍGUEZ-ZÚÑIGA

Xaquín GARCÍA-MUROS

Jon SAMPEDRO

Kurt KRATENA

Ignacio CAZCARRO

Alevgul H. SORMAN

Cristina PIZARRO-IRÍZAR

María José SANZ-SÁNCHEZ

Basque Centre for Climate Change (BC3)

I. INTRODUCCIÓN

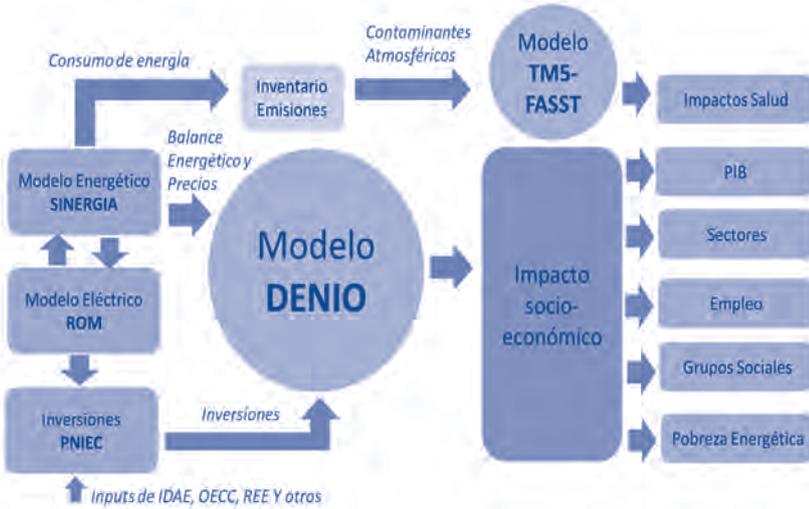
EL Marco Climático y Energético 2030 de la Unión Europea, adoptado por el Consejo Europeo en octubre de 2014, y revisado en 2018, establece los objetivos a alcanzar por el conjunto de la Unión Europea (UE) para el período comprendido entre 2021 y 2030. Este marco establece tres objetivos vinculantes para la UE en su conjunto: la reducción de al menos un 40 por 100 (1) de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) respecto a los niveles de 1990; alcanzar al menos un 32 por 100 de energías renovables en la demanda final de energía; y conseguir al menos un 32,5 por 100 de mejora en la eficiencia energética. Para reforzar estos objetivos, la Comisión Europea aprobó en 2016 el denominado «Paquete de Invierno» (COM2016 860 final, «Energía limpia para todos los europeos») que desarrolla diversos reglamentos y directivas, impulsa la integración energética y la Unión de la Energía, así como la participación de los consumidores

como agentes activos en la transición energética.

Para asegurar la contribución a estos objetivos comunes, la Comisión Europea estableció en 2018 (Comisión Europea, 2018) un Reglamento de Gobernanza por el que todos los Estados miembros debían elaborar un Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) para el período 2021-2030 y enviar una versión a la Comisión Europea para su evaluación (2) durante 2019. Los PNIEC han de detallar los objetivos a alcanzar y las políticas e instrumentos en cinco áreas fundamentales: descarbonización, eficiencia energética, seguridad energética, mercado interior de la energía e investigación, innovación y competitividad.

Una parte importante de los PNIEC es el análisis de impacto económico. Los Estados miembros han de incluir un análisis de las implicaciones de las medidas en las cinco áreas mencionadas, así como acompañarlo de un análisis exhaustivo de sus impactos económicos y sociales.

GRÁFICO 1
ESQUEMA METODOLÓGICO



Fuente: Elaboración propia.

Los PNIEC en 2030 habrán de estar alineados y ser consistentes con las estrategias de descarbonización de 2050 que también habrán de ser elaboradas por los Estados y enviadas a la Comisión Europea a principios de 2020.

El estudio (3) aquí presentado analiza el impacto económico, social y sobre la salud pública de la versión borrador actualizada del PNIEC español publicada por el Ministerio para la Transición Ecológica del Gobierno de España en enero de 2020 (PNIEC, 2020).

El artículo se ordena como sigue. La sección segunda explica brevemente la metodología utilizada para realizar el análisis de impacto. La sección tercera presenta, de una forma resumida, los objetivos principales de la versión preliminar del PNIEC, y la sección cuarta las inversiones necesarias para alcanzar dichos objetivos. En la sección quinta se detallan los principales resultados obtenidos en el estudio. En la sexta sección se recoge un análisis

de sensibilidad a los precios de los combustibles fósiles. En la sección séptima se recogen las limitaciones del estudio. Y, finalmente, en la octava sección se recogen las principales conclusiones.

II. METODOLOGÍA

Esta sección recoge el enfoque metodológico empleado (véase gráfico 1) para realizar el análisis de impacto del PNIEC, que ha consistido en utilizar diversos modelos de forma integrada para analizar el efecto de las distintas políticas incluidas en el PNIEC. En concreto, se ha utilizado el modelo DENIO para evaluar la parte socioeconómica y el modelo TMS-FASST para evaluar los efectos sobre la salud pública.

La metodología ha consistido en utilizar los resultados del modelo energético TIMES-SINERGIA (4) en el modelo económico DENIO. El modelo energético TIMES-SINERGIA, que cuenta con un elevado nivel de detalle a nivel

tecnológico y sectorial, ha estado a cargo de la modelización de las medidas propuestas por MITECO y que permite alcanzar mediante sendas coste-eficientes, los objetivos de descarbonización, coherentes con el resto de dimensiones del PNIEC. Además, y para asegurar la garantía de suministro en todo momento en el sector eléctrico, se han realizado diversas iteraciones con varios modelos del sector eléctrico (5).

Los *outputs* del modelo TIMES-SINERGIA son los *inputs* utilizados en el modelo económico DENIO. En concreto, esta información se refiere a los balances energéticos y a los precios de la energía (6) y de la electricidad. Además, para lograr los objetivos del PNIEC son necesarias inversiones (sección cuarta), que también ha sido incluidas en el modelo DENIO como *input*.

Finalmente, los consumos energéticos han sido utilizados por la Unidad de Inventarios de MITECO para estimar las emisiones de contaminantes atmosféricos en 2030 que han sido introducidos en el modelo TMS-FASST para estimar los daños a la salud.

1. Breve descripción del modelo DENIO

DENIO es un modelo dinámico econométrico nekeynesiano *input-output* que representa un híbrido (7) entre un modelo *input-output* econométrico y un modelo de equilibrio general computable (CGE, por sus siglas en inglés), y que se ha desarrollado a partir del modelo FIDELIO de la Comisión Europea (Kratena *et al.*, 2013 y Kratena *et al.*, 2017). El modelo cuenta con una desagregación de

74 sectores, 88 productos, 22.000 tipos de hogares y 16 categorías de consumo y permite analizar los impactos económicos en variables clave como el empleo, PIB, balanza comercial o la distribución de renta. El modelo es muy flexible y está diseñado para analizar el impacto económico de políticas públicas y medidas de tipo económico, energético, ambiental o fiscal.

Una de las fortalezas de DENIO es su integración entre la parte económica y social, ya que incluye la información de la *Encuesta de presupuestos familiares* y la *Encuesta de condiciones de vida*, representativa de los hogares españoles. El submodelo de demanda de los hogares comprende tres niveles. En el primer nivel se deriva la demanda de bienes duraderos y no duraderos. En el segundo nivel se vincula la demanda de energía (en unidades monetarias y físicas) con el *stock* de bienes duraderos (casas, vehículos, electrodomésticos). Y en el tercer nivel se determinan ocho categorías de demanda de bienes de consumo no duraderos en un sistema de demanda (*almost ideal demand system, AIDS*) que, finalmente, se integra con el modelo de producción.

El núcleo *input-output* del modelo se basa en las tablas de origen y destino del año 2014 (último disponible) de la *Contabilidad nacional de España* elaboradas por el Instituto Nacional de Estadística. El modelo de producción vincula las estructuras de producción (tecnologías Leontief) de los sectores y productos a un modelo *translog* con cuatro factores de producción (capital, trabajo, energía y resto de *inputs* intermedios). La demanda del factor energía se divide en 25 tipos que a su vez se enlazan

con el modelo TIMES-SINERGIA en unidades físicas. El conjunto de categorías de energía del modelo de sustitución de energías se vincula directamente con dos partes del modelo: i) las cuentas físicas de energía por sector y tipo de energía de Eurostat; y ii) los productos e industrias de la energía de las tablas de origen y destino en unidades monetarias. Para ello se utilizan una serie de precios implícitos que vinculan usos/producción de energía en unidades físicas y en términos monetarios.

2. Breve descripción del modelo TM5-FASST

El TM5-FASST es un modelo global tipo «fuente-receptor» de calidad del aire desarrollado por el Joint Research Center (JRC) de la Comisión Europea. El modelo analiza cómo las emisiones de una determinada fuente afectan a los diferentes receptores en términos de concentración, exposición y, en consecuencia, afecta a la salud y genera muertes prematuras (Van Dingenen *et al.*, 2018). Este modelo ha sido utilizado para realizar diferentes estudios a nivel global o regional (Markandya *et al.*, 2018) y también ha sido utilizado por la OCDE (2016).

En el caso de la salud, los distintos niveles de concentración de partículas finas (PM_{2,5}) y ozono son los que tienen mayores efectos sobre la salud de las personas. Estos efectos son calculados como muertes prematuras derivadas de la exposición a dichos contaminantes teniendo en cuenta las distintas causas definidas entre las que se encuentran enfermedades cardiovasculares, respiratorias, embolias o cáncer de pulmón

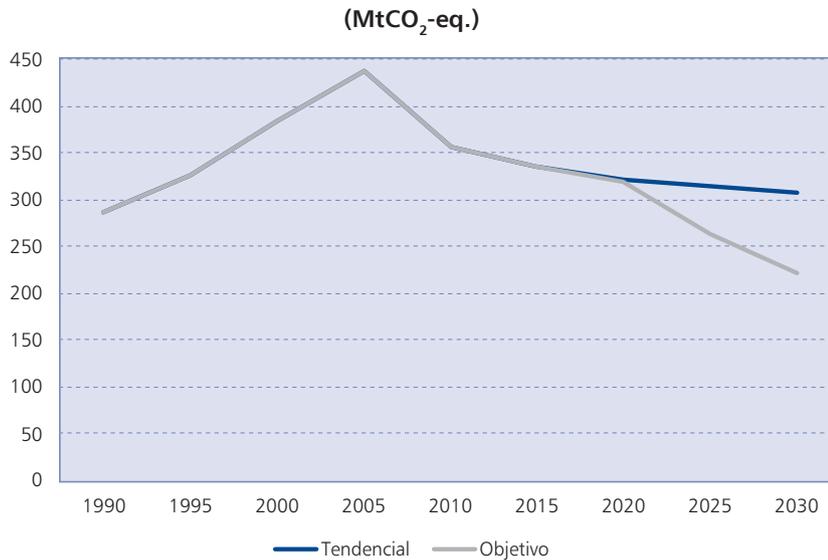
(Forouzanfar *et al.*, 2016; Burnett *et al.*, 2014). Finalmente, las muertes prematuras o daños a la salud pueden ser valorados económicamente, aunque no exento de hipótesis, mediante el valor estadístico de la vida (VSL, por sus siglas en inglés), que es el valor monetario de una reducción relativa de la probabilidad en el riesgo de mortalidad y que es utilizado por la OCDE.

III. OBJETIVOS PNIEC Y ESCENARIOS

El estudio, siguiendo indicaciones del Reglamento de Gobernanza, diferencia entre un escenario tendencial (sin medidas adicionales) y un escenario objetivo (con medidas adicionales). El escenario objetivo, por tanto, incluye todas las medidas de política climática y energética adicionales incluidas en el PNIEC que permiten alcanzar los objetivos en materia de descarbonización, pero también en materia de renovables, y en materia de ahorro y eficiencia energética. Los impactos analizados en este estudio son precisamente la comparación entre ambos escenarios.

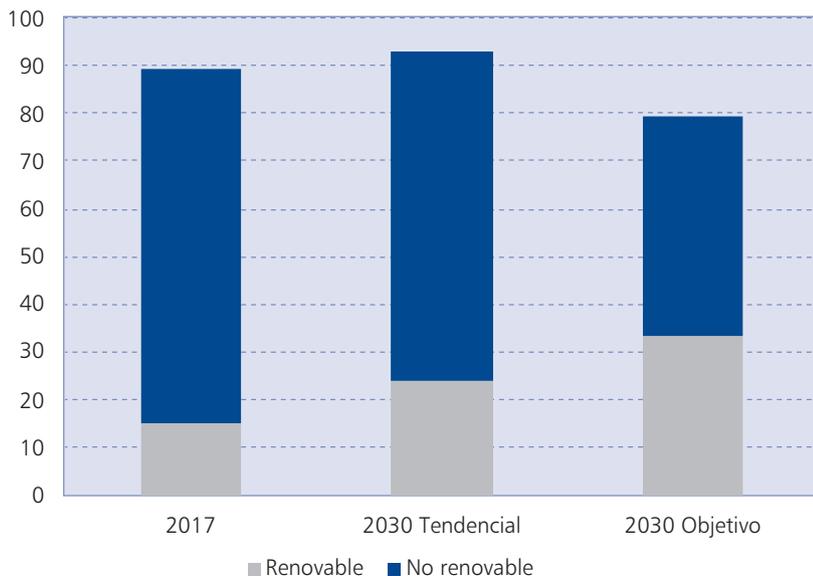
El gráfico 2 muestra la evolución de las emisiones entre 1990-2030 del PNIEC. Se observa que las emisiones de GEI en 2030, a pesar de la importante reducción posterior a la crisis de 2008, serían en el escenario tendencial un 5,6 por 100 superiores a las de 1990 (base Kioto). En el escenario objetivo, en cambio, estas se reducirían un 23 por 100. La reducción de GEI del PNIEC implica pasar de 340 millones de toneladas de CO₂ equivalente (MtCO₂-eq) en 2017 a 222 MtCO₂-eq en 2030, lo que supondría eliminar una de cada tres toneladas en diez años.

GRÁFICO 2
EVOLUCIÓN EMISIONES BRUTAS DE GASES DE EFECTO
INVERNADERO, 1990-2030



Fuente: Elaboración propia, a partir de PNIEC (enero, 2020).

GRÁFICO 3
EVOLUCIÓN DEL CONSUMO FINAL DE ENERGÍA EN 2030
(Mtep)



Fuente: Elaboración propia, a partir de PNIEC (enero, 2020).

El objetivo de descarbonización del PNIEC lleva asociada una introducción de las energías renovables al consumo final de energía del 42 por 100 para 2030 y un ahorro energético del 39,5 por 100 en 2030 con respecto al escenario de referencia de la UE. El gráfico 3 permite observar cómo estos objetivos se reflejan en la demanda final de energía entre 2017 y 2030. El consumo final de energía pasaría de 89 millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep) en 2017, de las cuales un 17 por 100 eran renovables, a 79 Mtep en 2030 en el escenario objetivo, de las cuales 33 Mtep, el 42 por 100, provendría de fuentes renovables, ya sean estas de tipo eléctrico o térmico.

Para ello se plantean distintas medidas en todos los sectores, aunque una parte importante de la reducción en el período 2021-2030 proviene del sector eléctrico (36 MtCO₂-eq.) y transporte (27 MtCO₂-eq.). En el caso del sector eléctrico, la reducción de emisiones sería del 75 por 100 respecto a 2017 y proviene del aumento de la potencia renovable instalada que alcanzaría un 74 por 100 en 2030, desde el 40 por 100 actual. Para compensar la retirada del carbón y de la nuclear y garantizar la seguridad de suministro sin necesidad de nueva potencia de respaldo, en el PNIEC se prevé añadir 59 GW de potencia renovable y 6 GW de almacenamiento. Asimismo, en el caso del transporte, la reducción proviene del ahorro y la eficiencia, el cambio modal y el aumento del parque de vehículos eléctricos que alcanzaría los cinco millones en 2030. Las emisiones del sector transporte pasarían de 90 MtCO₂-eq. en 2017 a 60 MtCO₂-eq. en 2030, lo que supondría una reducción del 33 por 100.

IV. INVERSIONES

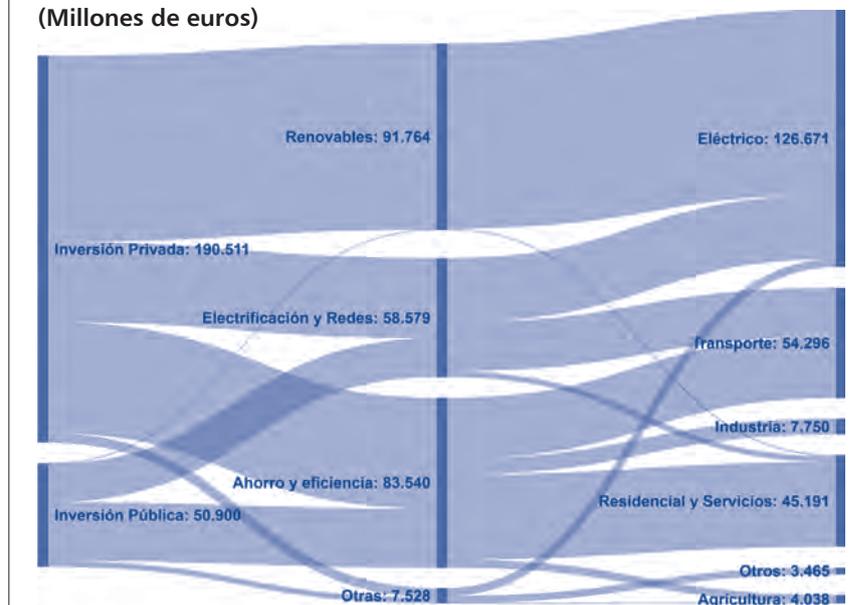
Una parte importante de los impactos económicos contemplados en este estudio se deriva de las inversiones asociadas al desarrollo de las políticas y medidas asociadas al PNIEC. Esta sección recoge las inversiones totales adicionales asociadas al PNIEC para el período 2021-2030, que se dividen en las siguientes cinco grandes categorías: i) ahorro y eficiencia energética; ii) electrificación de la economía; iii) redes; iv) energías renovables; y v) otras medidas (8).

La información para estimar las inversiones a tener en cuenta proviene de varias fuentes. Así, las inversiones dedicadas al aumento del ahorro y la eficiencia energética provienen del Instituto para el Ahorro y la Diversificación Energética (IDAE). Las inversiones asociadas a las energías renovables (eléctricas y térmicas) y en materia de electrificación provienen de las estimaciones propias del modelo TIMES-SINERGIA. La información de inversiones en redes y puntos de recarga proviene de diferentes fuentes, entre ellas Red Eléctrica de España. Finalmente, la información relativa a la inversión de los sectores difusos no energéticos proviene de la Oficina Española de Cambio Climático (OECC).

La información sobre inversiones utilizada es a su vez coherente con las simulaciones del modelo TIMES-SINERGIA, las cuales han permitido pasar del escenario tendencial al objetivo a través de la inclusión de las medidas necesarias para la descarbonización.

Se estima que las inversiones totales para lograr los ob-

GRÁFICO 4
FLUJO DE INVERSIONES TOTALES DEL PNIEC 2021-2030
(Millones de euros)



Fuente: Elaboración propia, a partir de PNIEC (enero, 2020).

jetivos del PNIEC alcanzarán los 241.000 millones de euros entre 2021-2030, como puede observarse en el gráfico 4. Estas inversiones se reparten entre renovables (38 por 100), ahorro y eficiencia energética (35 por 100), redes y electrificación (24 por 100) y otras (3 por 100). Atendiendo al origen de las inversiones, una parte muy sustancial de la inversión total la realizaría el sector privado (80 por 100 del total) y el resto el sector público (20 por 100 del total). Se estima a su vez que parte de la inversión pública podría venir de fondos europeos.

A su vez, este flujo de inversiones se reparte en los distintos sectores económicos. El sector en el que se realizarían mayores inversiones durante todo el período 2021-2030 es el sector eléctrico con 126.671 millones de euros. Por otro lado, se

invertirían un total de 35.605 millones de euros en el sector residencial, 54.297 millones de euros en el sector del transporte, 9.586 millones de euros en el sector servicios, 7.750 millones de euros en el sector industrial, 4.038 millones de euros en agricultura, y 3.465 millones de euros en otros sectores (difusos no energéticos).

De estas inversiones totales, 196.000 millones de euros pueden considerarse como inversiones adicionales con respecto al tendencial, ya que en el escenario tendencial también se estiman que se realizarían inversiones, especialmente en materia de energías renovables en el sector eléctrico o en la compra de vehículos eléctricos. Las inversiones adicionales son las que pueden imputarse al PNIEC y son las que, por tanto, generarán el impacto económico.

V. RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados obtenidos. El escenario económico tendencial 2021-2030 sobre el que se han simulado los efectos del PNIEC ha sido fijado por el Ministerio de Economía y Empresa (MINECO). Según estas proyecciones, el PIB sigue una senda de crecimiento (+16 por 100 entre 2021 y 2030) y una población activa en descenso (un 6 por 100 entre 2021-2030), lo que implica un aumento importante de la productividad. Los precios energéticos y el CO₂ vienen fijados por la Comisión Europea.

Antes de analizar los resultados, es importante realizar dos consideraciones previas:

- En el caso de las administraciones públicas (AA. PP.) y de los hogares, se considera que las inversiones implican reducir gasto o inversión en otras partidas, ya que en ambos casos existen restricciones presupuestarias. En el caso de las AA. PP. toda nueva inversión, salvo que provenga de fondos europeos, se ha supuesto que tiene que financiarse con una reducción del gasto o de la inversión pública para mantener el equilibrio presupuestario y al objeto de no alterar los tipos impositivos. Para ello, se ha incluido la senda de reducción del déficit acordada en el Pacto de Estabilidad y Crecimiento lo que implica eliminar el déficit en 2022 y mantenerlo en equilibrio posteriormente hasta 2030.
- Se considera que no hay restricciones a la inversión del sector privado y que esta se producirá al coste habitual

del capital y sin una prima de riesgo adicional, ya que junto con el PNIEC se desarrollará una regulación y planificación para el medio y largo plazo que dará certidumbre a los inversores. Además, se considera que estas inversiones adicionales no «expulsarán» a otras inversiones del sector privado (efecto *crowding-out*), algo que, quizá, podría tener sentido en países con una baja capacidad ociosa en sus sectores productivos y con restricciones al capital, situación alejada de la realidad actual de la economía española y, en general, de la situación de la Unión Europea con unos tipos de interés muy bajos.

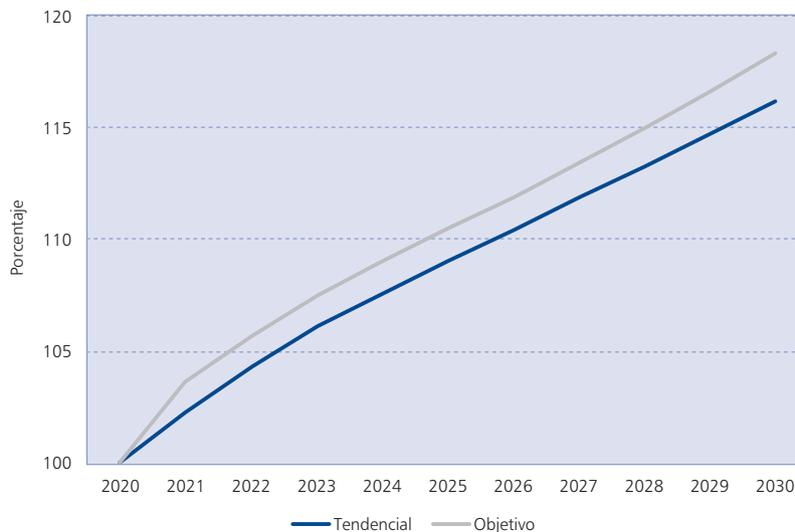
Los resultados se exponen divididos de la siguiente forma: i) impacto macroeconómico sobre el PIB; ii) impacto sobre el empleo; iii) impacto en las administraciones públicas; iv) impacto social; y v) impacto sobre la salud.

1. Impacto sobre el PIB

Los resultados en términos de producto interior bruto (PIB) muestran que el PIB en el escenario objetivo en 2030 aumentaría un 1,8 por 100 respecto al escenario tendencial, como muestra el gráfico 5. La tasa media de crecimiento del PIB para el período 2021-2030 aumentaría del 1,51 por 100 en el escenario tendencial al 1,69 por 100 en el escenario objetivo, lo que supone un aumento en el PIB entre 16.500-25.700 millones de euros por año.

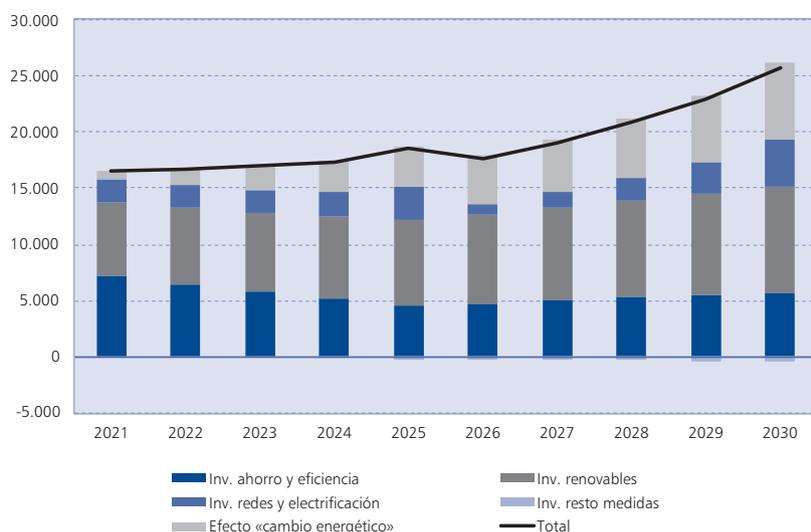
Este impacto positivo puede descomponerse por las diversas fuentes del impulso económico, que están determinadas por dos efectos principales: el impulso económico generado por las nuevas inversiones a lo largo de las cadenas productivas y el impulso generado por la transformación del sistema energético hacia una economía con un mayor ahorro de energía y que además es

GRÁFICO 5
EVOLUCIÓN DEL PIB
(Porcentaje respecto a 2020)



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 6
IMPACTO EN EL PIB POR TIPO DE MEDIDAS
(Millones de euros)



Fuente: Elaboración propia.

menos dependiente de las importaciones de combustibles fósiles, como se recoge en el gráfico 6.

El efecto «nueva inversión», que agrupa todas las inversiones adicionales, generaría el impacto más notable. Es importante señalar que no toda la inversión se transforma en valor añadido y creación de empleo, ya que una parte (en torno al 20 por 100 y dependiendo de los sectores) necesita de bienes que son importados, algo que también el modelo permite capturar con detalle y que ya está recogido en los resultados. El efecto de la inversión en algunos casos decrece con el tiempo, ya que el flujo de algunas inversiones puede suponer un peso decreciente sobre el PIB y además el coste de las inversiones (p. ej., renovables) se reduce con el tiempo.

El efecto «cambio energético» tendría también un efecto positivo que se explica principal-

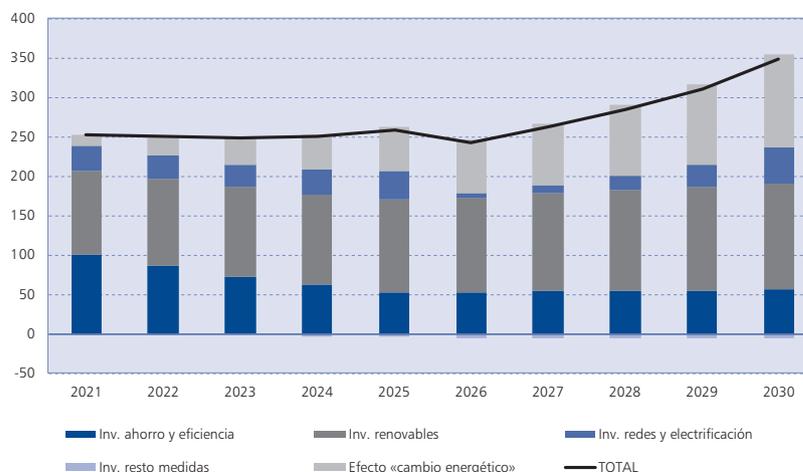
mente por el ahorro energético (el ahorro libera recursos económicos que son utilizados para otros gastos) y el cambio en el mix energético (la importación de combustibles fósiles es susti-

tuida por energía renovable que genera un mayor valor añadido dentro del territorio). El impacto del cambio energético es más acusado hacia 2030, cuando las políticas van reduciendo cada vez más el consumo energético y los precios de la energía son más altos. De hecho, las importaciones de combustibles fósiles se reducirían en la importación acumulada de combustibles fósiles en 67.000 millones de euros debido a la menor dependencia energética con el exterior, pasando del 73 por 100 en 2017 al 61 por 100 en 2030. Además, los efectos económicos de este efecto perdurarían con posterioridad a 2030, algo que no ocurre en el caso de las inversiones cuyo efecto finaliza cuando estas han sido ejecutadas.

2. Impacto sobre el empleo

El gráfico 7 recoge el efecto sobre el empleo calculado como

GRÁFICO 7
IMPACTO EN EL EMPLEO POR TIPO DE MEDIDAS
(Miles de empleos/año)



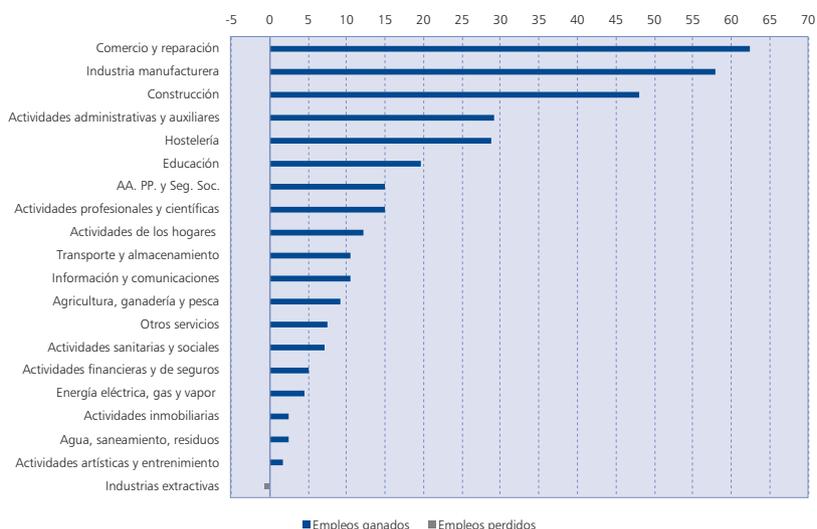
Fuente: Elaboración propia.

la diferencia entre el empleo en el escenario objetivo y tendencial y desagregado por tipo de medida. El PNIEC generaría un aumento neto en el empleo del 1,7 por 100 en 2030, lo que supone entre 253.000 y 348.000 personas por año. La tasa de paro se reduciría, frente al escenario tendencial, entre un 1,1 por 100 y un 1,6 por 100.

Las inversiones en renovables generarían entre 107.000 y 135.000 empleos/año, mientras que las inversiones en ahorro y eficiencia energética generarían entre 56.000 y 100.000 empleos/año. Las inversiones en redes y electrificación generarían entre 46.000 y 44.000 empleos/año. El cambio energético generaría indirectamente hasta 118.000 empleos/año en 2030. Finalmente, también se recoge el ligero impacto negativo asociado a las desinversiones contempladas en centrales nucleares y carbón a partir de 2025 y con respecto al escenario tendencial, aunque su efecto es muy pequeño.

Si atendemos al impacto en el empleo en 2030 (gráfico 8), según ramas de actividad de la contabilidad nacional (clasificación CNAE, a 20 sectores), los sectores que más empleo generarían serían Comercio y reparación (62.300 empleos), Industria manufacturera (57.800 empleos) y Construcción (48.100 empleos). El sector eléctrico tendría una creación neta de empleo (1.700 empleos), incluyendo la pérdida de empleo asociada a la reducción de la actividad en las plantas de carbón y nucleares. La única rama que obtiene una pérdida neta de empleo es la de las Industrias extractivas (-700 empleos), derivada de la reducción de la actividad en la extracción de carbón.

GRÁFICO 8
IMPACTO EN EL EMPLEO POR RAMAS DE ACTIVIDAD
(Miles de empleos/año)



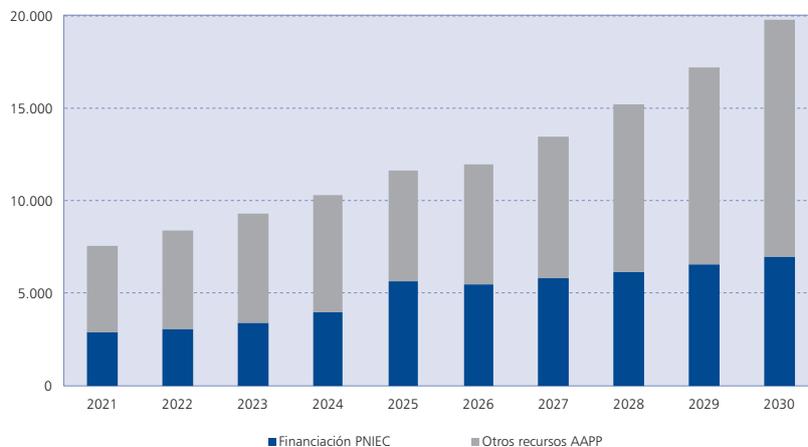
Fuente: Elaboración propia.

3. Impacto en las administraciones públicas

Las administraciones públicas se verían beneficiadas por el crecimiento económico inducido por las políticas del PNIEC. El gráfico 9 recoge los gastos de

las administraciones públicas (a precios corrientes), los cuales aumentarían entre 7.600 millones de euros y 19.800 millones de euros. Estos gastos recogen aquellos asociados a la financiación pública del propio PNIEC (entre 2.900 y 6.900 millones

GRÁFICO 9
IMPACTO EN LAS ADMINISTRACIONES PÚBLICAS: GASTOS 2016
(Millones de euros)



Fuente: Elaboración propia.

de euros) y aquellos gastos o recursos adicionales generados y que son fruto del aumento de la recaudación impositiva generada por el PNIEC.

La financiación pública del PNIEC sería más que compensada por un aumento neto en la recaudación que se estima en 19.800 millones de euros en 2030 (véase gráfico 10) y que ya incluye la reducción de la recaudación por los impuestos sobre las energías fósiles y el aumento de la recaudación por otras vías, lógicamente, sin alterar los tipos impositivos. En particular, la recaudación de los impuestos sobre la renta, patrimonio y capital aumentarían entre 3.400 y 11.600 millones de euros y las contribuciones a la Seguridad Social entre 2.400 y 6.100 millones de euros.

En definitiva, y desde la óptica de las administraciones públicas, las inversiones y ayudas del PNIEC suponen una inversión necesaria y rentable. Es importante

resaltar que el resultado se debe exclusivamente al impacto económico inducido por el PNIEC, y no al mayor endeudamiento, ya que una de las restricciones introducidas es el cumplimiento del Pacto de Estabilidad y Crecimiento. De hecho, la reducción del déficit, unido al mayor nivel de actividad económica, permite que la ratio entre deuda y PIB se reduzca un 2,4 por 100 en 2030 frente al escenario tendencial.

4. Impacto distributivo y social

En el caso de los impactos sociales, los resultados obtenidos para toda una batería de indicadores nos permiten concluir que las medidas del PNIEC no tienen efectos negativos sobre los indicadores típicos de desigualdad. Los índices Gini y ratio 20/80 obtenidos disminuyen ligeramente en el escenario objetivo frente al tendencial, aunque estos indicadores de desigualdad necesitan de otro tipo de políticas (fiscales

o económicas) para ser afectados de una forma más notable que no son objeto del PNIEC.

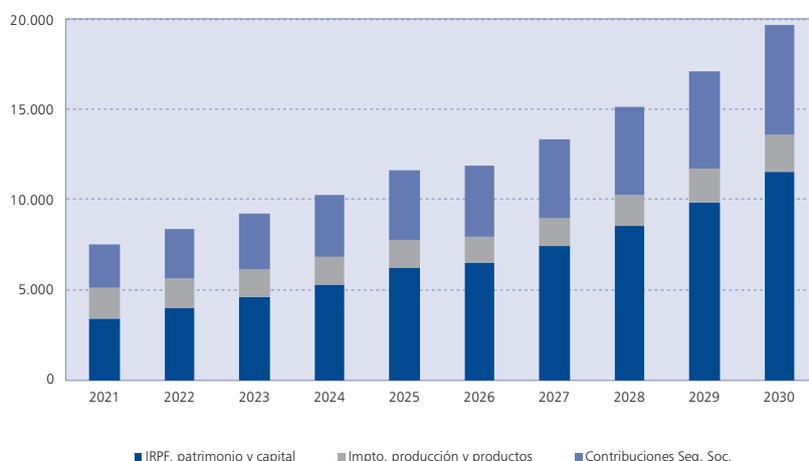
No obstante, sí podemos afirmar que el PNIEC favorecería a los hogares de menor renta y, especialmente, a los colectivos vulnerables. El gráfico 11 muestra que la renta disponible aumentaría en todos los quintiles (9), pero en mayor medida en los quintiles de menor renta. Los quintiles 1 y 2 aumentarían su renta un 3,8 por 100 y un 2,8 por 100, respectivamente, frente a un aumento del 1 por 100 en el quintil 5, efecto que se explica, principalmente, por los efectos de las mayores ayudas recibidas por estos colectivos.

De la misma forma, el gráfico 12 muestra el efecto en el gasto de los hogares vulnerables (según se definen en el Real Decreto Ley 10/2018). Se puede observar que todos los hogares se verían beneficiados, pero especialmente los vulnerables, no solo por las ayudas asociadas al PNIEC y canalizadas hacia los hogares más vulnerables, sino también por el efecto de la reducción de su factura energética. Los hogares vulnerables aumentarían en 2030 su gasto un 2,1 por 100 y los no vulnerables un 1,1 por 100, lo que indica un impacto positivo para aquellos hogares, en principio, en mayor riesgo de pobreza energética. Finalmente, también existen impactos positivos en otros grupos sociales como los jubilados que viven solos o las familias *monomarentales*.

5. Impacto sobre la salud

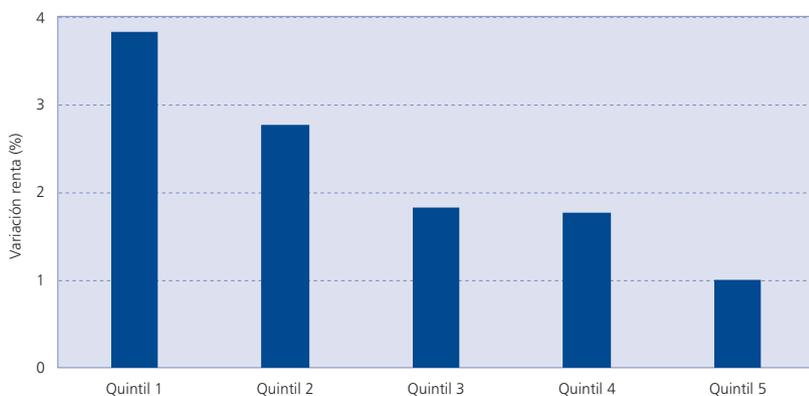
Por último, se han analizado los impactos del PNIEC sobre la salud. Según la Organiza-

GRÁFICO 10
IMPACTO EN LAS ADMINISTRACIONES PÚBLICAS: INGRESOS
(Millones de euros)



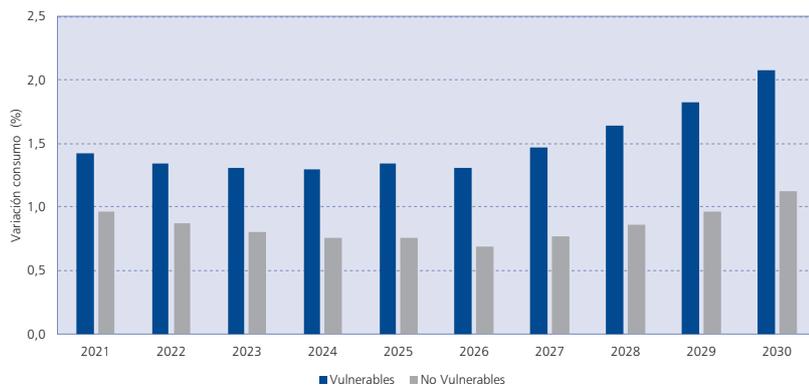
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 11
VARIACIÓN RENTA DISPONIBLE EN 2030 POR QUINTILES
(En porcentaje)



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 12
VARIACIÓN CONSUMO EN 2030 EN HOGARES VULNERABLES
(En porcentaje)



Fuente: Elaboración propia.

ción Mundial de la Salud (OMS, 2015), en el año 2010 las muertes prematuras provocadas por la contaminación atmosférica en España alcanzaron la cifra de 14.042. Las medidas contenidas en el plan conseguirían reducir tanto las emisiones de los GEI como las de los principales contaminantes atmosféricos, como muestra el gráfico 13.

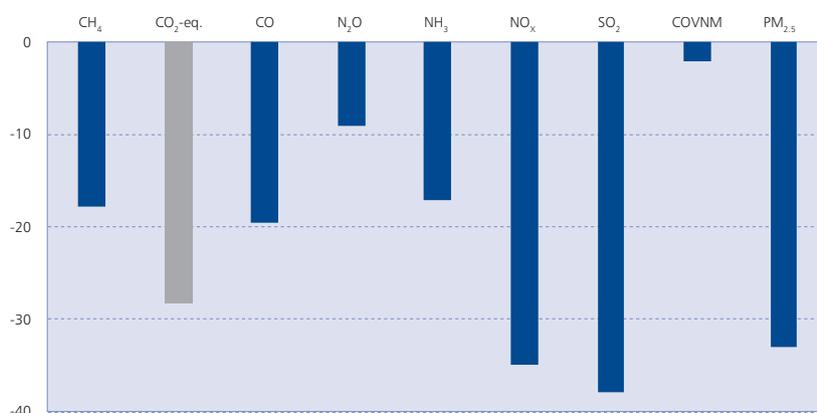
Las emisiones de $PM_{2.5}$ primarias se reducirían un 33 por 100. Además, el dióxido de azufre (SO_2) y los óxidos nitrosos (NO_x), principales contaminantes para la formación de $PM_{2.5}$ secundarias, se reducirían un 38 por 100 y un 35 por 100, respectivamente, debido por un lado a la reducción del carbón en el sector eléctrico, y por otro, a la mejora de la eficiencia en los motores

de combustión interna y la electrificación.

Estas reducciones de contaminantes llevarían asociadas importantes reducciones sobre los daños en la salud pública, los denominados cobeneficios. La reducción de los daños sobre la salud humana se ha medido a través de las muertes prematuras derivadas de la contaminación. El gráfico 14 muestra las muertes prematuras derivadas de la contaminación para el escenario objetivo y el escenario tendencial. La reducción de la contaminación atmosférica lograda por el PNIEC permitiría que las muertes prematuras en el año 2030 se redujeran en 2.400 personas, es decir, un 27 por 100. Tomando los valores medianos, en el escenario tendencial el número de muertes prematuras alcanzaría la cifra de 8.913, mientras que en el objetivo se reducen hasta las 6.521 muertes prematuras. Estos valores supondrían una reducción del 36 por 100 y 54 por 100 respectivamente con respecto a los valores de 2010.

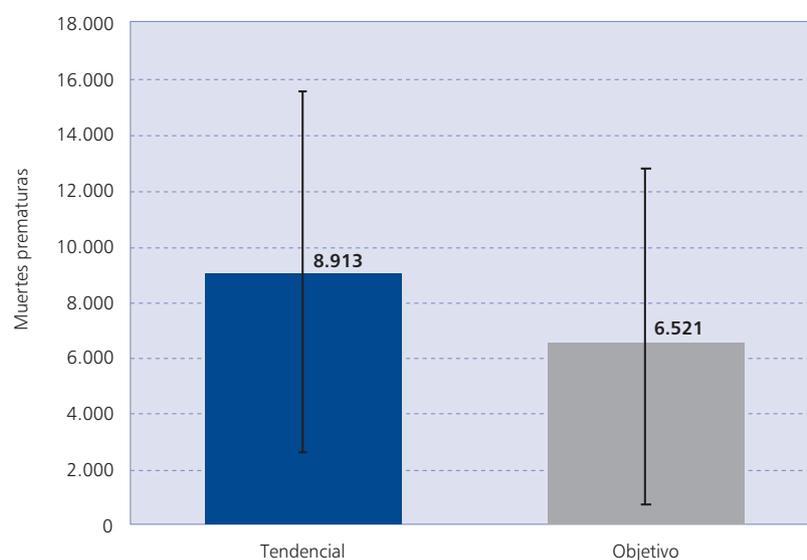
Estos cobeneficios podrían valorarse económicamente utilizando el VSL, concepto utilizado entre otros por la OMS y la OCDE, y que mide el valor monetario de una reducción relativa de la probabilidad del riesgo de mortalidad y que no está exento de hipótesis. Si se utilizan los valores estándar para el VSL en España, los daños de la contaminación atmosférica se reducirían en 13.789 millones de euros en el año 2030 y lograrían un cobeneficio acumulado de 63.000 millones de euros entre 2021-2030. No obstante, estas valoraciones han de tomarse siempre con cautela.

GRÁFICO 13
VARIACIÓN DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EN 2030
(En porcentaje)



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 14
MUERTES PREMATURAS EN 2030



Fuente: Elaboración propia.

VI. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Esta sección recoge un análisis de sensibilidad a los precios de los combustibles fósiles, que incluye una variación (+/-25 por 100) sobre el escenario central

de precios futuros de la Comisión Europea para los combustibles fósiles (10).

El cuadro n.º 1 recoge los resultados sobre el empleo y por sectores. Se observa que, con precios de los combustibles fó-

siles más elevados, los impactos positivos en términos de empleo aumentarían ya que el ahorro conseguido en la factura energética en el escenario objetivo frente al tendencial sería mayor, y viceversa. Los empleos netos generados pasarían de 348.000 personas/año en el escenario central en 2030, a un rango entre 318.000 (precios bajos) y 366.000 (precios altos). Una reducción del precio de un 25 por 100 generaría una reducción del 9 por 100 en el empleo creado, mientras que un aumento del 25 por 100 supondría un aumento del 5 por 100.

Así pues, es importante destacar que los precios futuros de los combustibles fósiles no solo afectarán a la factura energética. También tendrán un efecto, sobre el *mix* energético, el grado de rentabilidad de las inversiones o sobre otras variables como es el propio crecimiento del PIB asumido en el escenario tendencial, algo que está fuera del alcance de este análisis de sensibilidad.

VII. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Esta sección recoge algunos de los principales supuestos, limitaciones y futuras líneas de trabajo que abre este estudio de impacto:

– *Inversiones*. La determinación del nivel de inversiones en el escenario tendencial vs. objetivo es muy importante. En la medida que las inversiones en el escenario tendencial sean más bajas, el impacto económico del PNIEC será mayor, y viceversa. Asimismo, las inversiones también tienen un componente de incertidumbre inherente a cualquier previsión a 2030 y que

CUADRO N.º 1

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL PRECIO DE LA ENERGÍA SOBRE EL EMPLEO NETO EN 2003
(Miles de empleos/año)

	ESCENARIO P -25%	ESCENARIO CENTRAL	ESCENARIO P +25%
Total	318	348	366
Agricultura y pesca	10	11	11
Minería	-1	-1	-1
Industria	58	61	62
Construcción	46	48	50
Energía	1	1	1
Servicios	204	228	243

Fuente: Elaboración propia.

depende, entre otros factores, de la reducción de costes esperada en algunas tecnologías como, por ejemplo, las inversiones en energías renovables.

Competitividad. Se ha considerado que la competitividad de todos los sectores, incluida la de industria, no se ve alterada por el PNIEC. Las empresas mantienen la misma capacidad que la actual para adaptarse a los cambios globales y operan en un entorno marcado por el cumplimiento del Acuerdo de París (mismos precios relativos). Se ha adoptado este enfoque «neutral» ante los efectos de la competitividad por razones de homogeneidad en todos los sectores y por razones de sencillez, ya que es muy difícil aventurar algunos de estos cambios. No obstante, es posible analizar con más detalle algunos de estos efectos siempre que existan previsiones o escenarios específicos para algunos de estos sectores.

– *Efectos distributivos.* Los efectos distributivos analizados favorecen a las rentas bajas y medias y a los colectivos vulnerables, pero no generan un cambio significativo en los indicadores de desigualdad. Aunque se han in-

cluido políticas que tienen efectos redistributivos (como el bono social para la calefacción o exenciones fiscales para la rehabilitación de viviendas), no se han incorporado otras medidas de mayor calado en términos distributivos como podrían ser los efectos de una futura reforma de fiscalidad energética-ambiental.

– *Efectos sobre la salud.* Las estimaciones del modelo TM5-FASST tienen algunas limitaciones técnicas en su aplicación para España. El modelo utiliza celdas de 1x1 grados por lo que, para recoger el efecto dispersión en las ciudades, aplica funciones medias globales. Además, las funciones de exposición-respuesta utilizadas por el modelo son las descritas en Burnett *et al.* (2014). Sin embargo, nuevas investigaciones muestran que los cobeneficios obtenidos mediante dicha metodología podrían estar infraestimados en un 20 por 100 (Burnett *et al.*, 2018).

– *Impactos regionales.* El estudio ha utilizado la contabilidad nacional y los escenarios energéticos a nivel estatal y, por tanto, sus resultados solo pueden ofrecerse a una escala nacional. Para realizar una desagregación de

los impactos por comunidades autónomas o provincias sería necesario «regionalizar» primero la información del modelo energético SINERGIA y los referidos a las inversiones y, posteriormente, de la parte económica, que incluye los datos del modelo DENIO, algo que ha estado fuera del alcance de este trabajo.

– *Movilidad y empleo.* El modelo asume plena movilidad en el mercado laboral, esto es, supone que los nuevos puestos de trabajo que se generan pueden ser ocupados tanto por personas desempleadas como por personas que cambian de sectores cuyo empleo se reduce (minería o centrales de carbón y nuclear) a otros en crecimiento (construcción o generación de electricidad por fuentes renovables), sin tener en cuenta la capacitación de dichos trabajadores o su localización geográfica.

VIII. CONCLUSIONES

Este estudio (11) ha analizado el impacto económico, social y sobre la salud pública de la versión actualizada del PNIEC elaborado por el Ministerio para la Transición Ecológica del Gobierno de España y publicada en enero de 2020. El estudio ha analizado mediante una metodología integrada dichos impactos, aunque, lógicamente, tiene un nivel de incertidumbre propio de cualquier ejercicio prospectivo a 2030.

A continuación, se recogen las principales conclusiones del estudio:

– El PNIEC movilizaría 241.000 millones de euros de inversiones en España entre 2021 y 2030, lo que genera un importante efecto expansivo en la economía.

– El producto interior bruto (PIB) aumentaría entre 16.500 y 25.700 millones de euros entre 2021 y 2030, un aumento del 1,8 por 100 en 2030 respecto al tendencial, tanto por las inversiones previstas como por el mayor ahorro y eficiencia energética y cambio del *mix* energético, que permitiría reducir la importación de combustibles fósiles en 67.000 millones de euros acumulado entre 2021-2030.

– Las medidas que se pondrán en marcha generarían entre 253.000 y 348.000 nuevos empleos/año entre 2021 y 2030, un aumento del 1,7 por 100 en 2030 respecto al escenario tendencial. Solo las inversiones en renovables generarían entre 107.000 y 135.000 empleos durante toda la década, que beneficiaría a la industria manufacturera, la construcción, y a todos los servicios asociados al sector renovable.

– Desde la óptica de las administraciones públicas las inversiones y ayudas del PNIEC supondrían un gasto público adicional de 5.008 millones de euros/año de media entre 2021-2030, que sería más que compensado por un aumento neto en la recaudación que alcanzaría los 19.800 millones de euros en 2030.

– El PNIEC favorecería además a los hogares de menor renta y a los colectivos vulnerables, que ven aumentada su renta y su consumo en una proporción mayor que el resto de los hogares. En el caso de los hogares vulnerables, que se verían más afectados por la pobreza energética, su consumo aumenta un 2,1 por 100 en 2030 respecto al 1,1 por 100 del resto de hogares, esto es, casi el doble. Lo mismo sucedería con la renta disponible que aumenta un 3,8 por 100 en el caso del

quintil más pobre frente a un 1 por 100 del quintil más rico, casi cuatro veces más.

– Las medidas tendrían una incidencia muy positiva en términos de salud. La mejora de la calidad del aire con las medidas previstas en el PNIEC evitaría 2.400 muertes prematuras en España en 2030, lo que supone una reducción del 27 por 100 con respecto al escenario tendencial.

En definitiva, una conclusión robusta, y similar a la encontrada en otros estudios similares para España y otros países (ver OCDE, 2017; Comisión Europea, 2018; EUROFOUND, 2019 o IRENA, 2019) es que la reducción de emisiones de los GEI no solo es necesaria y urgente, también es una oportunidad económica para aquellos países importadores netos de combustibles fósiles que disponen de recursos renovables y que podrá materializarse siempre y cuando se gestione de una manera justa y eficiente.

NOTAS

(*) Los autores/as agradecen al equipo de la Subdirección General de Energías Renovables y Estudios del MITECO, a cargo de la modelización energética: Patricia Bañón, Miriam Bueno, Alejandro Fernández, Javier Galarza, Víctor Marcos y Manuel Pérez. También a Pedro Linares (Universidad P. Comillas), Antxon Olabe (MITECO), Sara Aagesen (MITECO), Hugo Lucas (IDAE) y Eduardo González (OECC) por los comentarios recibidos, así como a IDAE y la Oficina Española de Cambio Climático y la Unidad de Inventarios por la información proporcionada. Cualquier error es responsabilidad de los autores. Finalmente, agradecen la cofinanciación del Gobierno Vasco a través del programa BERC 2018-2021 y del Gobierno de España a través de la acreditación de BC3 como centro María de Maeztu (MDM-2017-0714) y MINECO (RTI2018-093352-B-I00).

(**) Otras afiliaciones:

Mikel González-Eguino y Cristina Pizarro-Irizar, Universidad del País Vasco (UPV/EHU). Xaquín García-Muros, MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change. Jon Sampederro, Joint Global

Change Research Institute, Pacific Northwest National Laboratory. Kurt Kratena, Centre of Economic Scenario Analysis and Research (CESAR). Ignacio Cazcarro, Fundación Agencia Aragonesa para la Investigación y el Desarrollo (ARAIID).

(1) En el momento de escribir este artículo la nueva Comisión Europea presidida por URSULA VON DER LEYEN ha anunciado un Pacto Verde Europeo (*European Green Deal*) con el que, entre otras cuestiones, pretende elevar el objetivo de descarbonización al -55 por 100 respecto de 1990. En este mismo sentido se ha pronunciado el Parlamento Europeo en la declaración de emergencia climática aprobada el 29 de noviembre de 2019. En este sentido, el objetivo a 2050 es alcanzar la neutralidad climática, un objetivo apoyado por la gran mayoría de Estados.

(2) Un análisis de los PNIEC, incluido el de España y las recomendaciones de la Comisión Europea puede encontrarse aquí: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy-and-energy-union/governance-energy-union/national-energy-climate-plans>

(3) El borrador inicial del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC) se sometió a consulta pública entre el 22 de febrero y el 1 de abril de 2019. Asimismo, se presentó a la Comisión Europea en dicha fecha para la correspondiente evaluación. La Comisión realizó una serie de recomendaciones que han sido debidamente incorporadas al presente borrador actualizado del PNIEC. El documento completo de evaluación de impacto económico puede encontrarse en el siguiente link: <https://energia.gob.es/es-es/Participacion/Paginas/DetalleParticipacionPublica.aspx?k=236>

(4) Las simulaciones con el modelo TIMES-SINERGIJA han estado a cargo de la Subdirección General de Energías Renovables y Estudios (SGERE) del Ministerio para la Transición Ecológica y que ha abarcado todas las medidas de mitigación del sector energético. Las medidas de mitigación en los sectores difusos no energéticos han sido analizadas por la Oficina Española de Cambio Climático (OECC) mediante el modelo E3M. Finalmente, para asegurar la garantía de suministro en todo momento se han utilizado dos modelos específicos del sector eléctrico (ROM de la Universidad Pontificia de Comillas y el modelo de Red Eléctrica de España).

(5) Para analizar la garantía de suministro en todo momento se han utilizado dos modelos específicos del sector eléctrico (ROM de la Universidad Pontificia de Comillas y el modelo de Red Eléctrica de España).

(6) Los precios del carbón, petróleo y gas y para el CO₂ son los recomendados por la Comisión Europea para la elaboración de los PNIEC.

<p>(7) En el largo plazo el modelo funciona de manera similar a un modelo CGE, describiendo explícitamente una senda de ajuste hacia el equilibrio.</p> <p>(8) La categoría otras medidas incluye las inversiones asociadas a sectores difusos no energéticos y las relativas a las centrales de carbón y nucleares. Estas se incluyen dentro del resto, ya que su contribución conjunta adicional es relativamente pequeña.</p> <p>(9) El quintil 1 agrupa al 20 por 100 de los hogares de menor renta y el quintil 5 al 20 por 100 de los hogares de mayor renta.</p> <p>(10) Por ejemplo, en el caso del petróleo, y según IRENA, un escenario de cumplimiento del Acuerdo de París implicaría una reducción global del consumo de petróleo del 20 por 100 en 2030 con respecto a los niveles actuales, una bajada de la demanda que debería contener la previsible subida de precios en dicho año. Sin embargo, otros organismos como la IEA indican que también podría existir actualmente un gap de inversión lo que podría reducir la oferta y presionar al alza los precios. Este análisis de sensibilidad permite evaluar un rango mayor de situaciones futuras sobre las que existe una elevada incertidumbre.</p> <p>(11) El documento completo de evaluación de impacto económico puede encontrarse en el siguiente link: https://www.miteco.gob.es/images/es/pniec_2021-2030_informesocioeconomico_borradoractualizado_tcm30-506495.pdf</p> <p>BIBLIOGRAFÍA</p> <p>BURNETT, R. T., POPE, C. A., III, EZZATI, M. <i>et al.</i> (2014). An Integrated Risk Function for Estimating the Global Burden of Disease Attributable to Ambient Fine Particulate Matter Exposure. <i>Environ. Health Perspect</i>, 122(9), A235.</p> <p>BURNETT, R., CHEN, H., SZYSZKOWICZ, M. <i>et al.</i> (2018). Global estimates of mortality associated with long-term</p>	<p>exposure to outdoor fine particulate matter. <i>Proceedings of the National Academy of Sciences</i>, 115(38), pp. 9592-9597</p> <p>Comisión Europea (2018). Clean planet for all: A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive, and climate neutral economy. <i>COM2016 860 final</i>, Brussels: European Commission. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52018DC0773</p> <p>— (2019). United in delivering the Energy Union and climate action - setting the foundations for a successful clean energy transition. <i>COM/2019/285 final</i>. Brussels: European Commission. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/recommendation_en.pdf</p> <p>EUROFOUND (2019). <i>Energy scenario: Employment implications of the Paris Climate Agreement</i>. Luxembourg: Publications Office of the European Union.</p> <p>FOROUZANFAR, M. H., AFSHIN, A., ALEXANDER, L. T. <i>et al.</i> (2016). Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990-2015. <i>Lancet</i> 8; 388(10053), pp. 1659-1724.</p> <p>IRENA (2019). <i>Global energy transformation: A roadmap to 2050</i>. International Renewable Energy Agency.</p> <p>KRATENA, K., STREICHER, G., TEMURSHOEV, U. <i>et al.</i> (2013). <i>FIDELIO 1: Fully Interregional Dynamic Econometric Long-term Input-Output Model for the EU27</i>. Luxembourg. European</p>	<p>Commission. ISBN 978-92-79-30009-7.</p> <p>KRATENA, K., STREICHER, G., SALOTTI, S. <i>et al.</i> (2017). <i>FIDELIO 2: Overview and theoretical foundations of the second version of the Fully Interregional Dynamic Econometric Long-term Input-Output model for the EU-27</i>. European Commission, Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies. ISBN 978-92-79-66258-4.</p> <p>MARKANDYA, A., SAMPEDRO, J., SMITH, S. J. <i>et al.</i> (2018). Health co-benefits from air pollution and mitigation costs of the Paris Agreement: a modelling study. <i>The Lancet Planetary Health</i>, 2, pp.126-e133.</p> <p>OCDE (2016). <i>The Economic Consequences of Outdoor Air Pollution, 2016</i>. Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development.</p> <p>— (2017). <i>Investing in Climate, investing in Growth</i>. Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development.</p> <p>OMS (2015). <i>Economic Cost of the Health Impact of Air Pollution in Europe: Clean Air</i>. Organización Mundial de la Salud.</p> <p>PNIEC (2020). <i>Borrador actualizado del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030</i>. Madrid: Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico.</p> <p>VAN DINGENEN, R., DENTENER, F., CRIPPA, M. <i>et al.</i> (2018). TM5-FASST: a global atmospheric source-receptor model for rapid impact analysis of emission changes on air quality and short-lived climate pollutants. <i>Atmos Chem Phys</i>, 18, pp. 16173-16211.</p>
---	--	--

COLABORACIONES

II.
**PROPUESTAS PARA ACELERAR LA MITIGACIÓN
DESDE UN ENFOQUE SECTORIAL**

Resumen

La transición hacia una economía descarbonizada requiere alcanzar un sistema eléctrico basado casi en su totalidad en fuentes renovables, algunas de ellas variables, y en el que la demanda debe jugar un papel mucho más activo que el actual. Sin embargo, un sistema así presenta importantes retos técnicos, regulatorios y políticos sobre los que conviene reflexionar y plantear soluciones de largo plazo. En este artículo se presentan algunas propuestas para la reforma del sector eléctrico, centradas alrededor de tres temas: el diseño del mercado eléctrico (con el foco puesto en el problema de la inversión), el diseño de tarifa y el papel de las redes eléctricas.

Palabras clave: transición energética, sector eléctrico, descarbonización.

Abstract

The transition towards a decarbonized economy requires achieving an electricity system based almost entirely on renewable energy sources, some of them variable, and in which demand must play a role more active than the current one. However, a system like that faces relevant technical, regulatory and political challenges on which it is convenient to reflect upon and devise long-term solutions. In this paper we offer some proposals for the reform of the electricity sector, focused on three areas: the design of electricity markets (mostly regarding investment issues), the configuration of the electricity tariff, and the role of electricity networks.

Keywords: transition towards a decarbonized economy, electricity system.

JEL classification: L94, Q40.

PROPUESTAS PARA LA REFORMA DEL SECTOR ELÉCTRICO EN ESPAÑA

Tomás GÓMEZ SAN ROMÁN (*)

Pedro LINARES

Pablo RODILLA

Universidad Pontificia Comillas

I. INTRODUCCIÓN

EL sector energético del futuro será muy distinto al que conocemos en la actualidad, fundamentalmente debido a la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (que seguirán agravando el problema del cambio climático) (1) y a la de eliminar la contaminación atmosférica, cuarta mayor causa de mortalidad en el mundo (The World Bank, 2016). Aunque estos objetivos son prioritarios, ambos se tienen que lograr al menor coste posible, y a la vez que se mantiene un adecuado nivel de calidad y seguridad del suministro.

Dar respuesta a estos dos retos requerirá, tal como nos indican los principales escenarios energéticos globales, mejorar sustancialmente la eficiencia energética y reducir en gran medida la utilización del carbón y del petróleo, y posteriormente del gas natural, hasta llegar a eliminarlos casi totalmente del *mix* energético.

En Europa, y dentro de ella España, este proceso deberá ser mucho más rápido, como corresponde tanto a su nivel tecnológico y de desarrollo como a la responsabilidad y el liderazgo que debe mostrar la región. Así, el objetivo europeo para 2050 se ha establecido en alcanzar unas emisiones netas nulas de CO₂ (CE, 2018a). En la práctica, esto

supone una descarbonización casi total del sector energético.

Para poder lograr esta descarbonización casi completa, todos los escenarios y análisis realizados indican que el sector eléctrico deberá ser el primero en eliminar los combustibles fósiles de su matriz de producción (Deloitte, 2016). Esto se debe, por un lado, a la factibilidad y competitividad de emplear energías renovables para la producción eléctrica, y por otro lado, a poder contribuir a la descarbonización del transporte y la climatización de los edificios a un menor coste, mediante la electrificación de los mismos (con tecnologías como las bombas de calor para climatización o los vehículos eléctricos para el transporte).

Ejercicios realizados para España muestran que, a 2050, el sector eléctrico podría estar basado casi en un 100 por 100 en energías renovables y que la cuota de electrificación podría alcanzar el 80 por 100 del transporte, el 75 por 100 del sector residencial y el 100 por 100 del terciario, siendo en el sector industrial donde se plantean las mayores incertidumbres (Economics for Energy, 2017).

Sin embargo, un sistema eléctrico basado casi en su totalidad en fuentes renovables, algunas de ellas variables, y en el que la demanda debe jugar un papel mucho más activo que el actual,

presenta importantes retos técnicos, regulatorios y políticos sobre los que conviene reflexionar y plantear soluciones de largo plazo.

En este artículo se presentan algunas propuestas para la reforma del sector eléctrico, centradas alrededor de tres temas: i) el diseño del mercado eléctrico (con el foco puesto en el problema de la inversión); ii) el diseño de tarifa; y iii) el papel de las redes eléctricas. Estos tres temas se tratan respectivamente en las secciones tercera, cuarta y quinta. Antes, y de cara a enmarcar los retos generales que supone la descarbonización, se analiza en la sección segunda los impactos que introducen las energías renovables en los sistemas eléctricos (con referencias al caso español).

II. IMPACTO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN EL SISTEMA ELÉCTRICO

1. Las características de las tecnologías del sistema eléctrico del futuro

Las tecnologías que formarán parte del sistema eléctrico del futuro serán aquellas que permitan garantizar un suministro libre de emisiones de CO₂ y de otros contaminantes, pero también fiable y asequible en términos económicos.

Sin prejuzgar la posibilidad de que el resto de tecnologías libres de CO₂ logren reducir sus costes, o que aparezcan nuevas opciones (como nuevas generaciones de reactores nucleares modulares e inherentemente seguros, o tecnologías de captura y secuestro de carbono competitivas),

la mayoría de los ejercicios de prospectiva tecnológica a medio plazo indican que serán la energía solar fotovoltaica y la energía eólica, junto con la hidroeléctrica existente, las tecnologías de generación libres de CO₂ más competitivas en el futuro.

Desgraciadamente, estas tecnologías (la solar fotovoltaica y la eólica), consideradas por sí mismas, presentan algunos retos técnicos relevantes: lo primero, son poco programables o gestionables pues no pueden producir más allá de lo que permite el recurso disponible en cada momento, afectando a la garantía de suministro. Además, son energías variables, con variaciones en el corto plazo (horas dentro del día), lo que le exige al resto del sistema disponer de flexibilidad para no comprometer de nuevo la garantía de suministro (2).

Por todo lo anterior, su utilización masiva únicamente será factible si se cuenta con una combinación adicional de generación de respaldo (3), de una demanda más flexible que se pueda acomodar a la producción de estas fuentes no gestionables (4), de una cierta capacidad de almacenar su producción en horas de excedentes para aprovecharlas en horas de déficit o de un mayor nivel de interconexiones con otros sistemas eléctricos vecinos.

2. Impacto de la generación renovable en los sistemas eléctricos

Además de variables en su producción, las tecnologías de generación renovable son de coste variable cercano a cero, y de predictibilidad limitada. Dichas características introducen

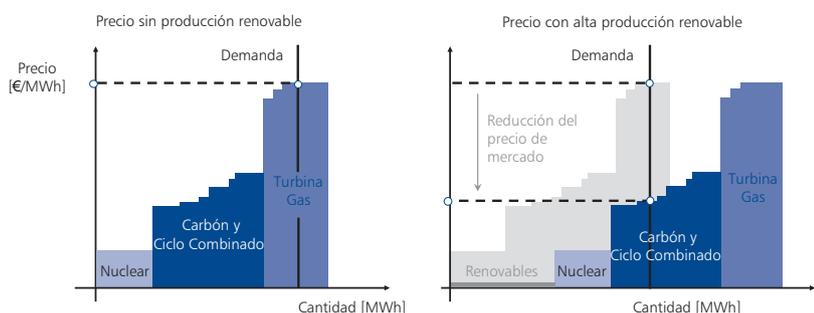
cambios en la operación del sistema, en las señales del mercado (precios) y finalmente en las decisiones de planificación de medio y largo plazo. Los impactos de la renovable en el sistema español se han observado claramente en los últimos años con los niveles de capacidad instalada actuales, pero estos se exacerbarán en el futuro con mayores niveles de penetración.

Por un lado, una alta penetración de energía renovable reduce las horas de utilización de las centrales térmicas, que se ven desplazadas cuando hay producción de bajo coste variable. El efecto de este desplazamiento de la producción térmica se traduce en una reducción del precio del mercado en las horas en las que la renovable está disponible, tal y como se ilustra en el gráfico 1. Esto es lo que se conoce como el efecto «orden de mérito» (*merit order effect*, en inglés).

A su vez, el ciclado (5) de las plantas térmicas se vuelve mucho más frecuente. Esto incrementa el desgaste y el coste asociado a la producción térmica, y puede ocasionar eventualmente posibles puntas de precio elevadas, por ejemplo, cuando una central térmica tenga que arrancar para producir solamente dos horas (el precio tendrá que ser elevado en esas dos horas para que la planta pueda recuperar su coste de arranque y su coste variable en dicho período).

Por otro lado, la generación renovable no está siempre disponible, y esto implica que hará falta también generación de respaldo (o almacenamiento) que pueda producir (o demanda flexible que pueda ser reducida) durante las fases en las que no hay suficiente pro-

GRÁFICO 1
ILUSTRACIÓN DEL EFECTO «ORDEN DE MÉRITO» EN UNA DETERMINADA HORA



Fuente: Elaboración propia.

ducción renovable. Además, la generación renovable tiene que complementarse también con generación adicional disponible y flexible para garantizar la seguridad del suministro en el corto plazo (rampas y reservas) y en el muy corto plazo (para mantener la tensión y la frecuencia del sistema dentro de un cierto rango). Analizamos primero los requisitos de la producción de respaldo y posteriormente los de seguridad de suministro de muy corto plazo.

3. Necesidad de producción de respaldo

El respaldo de producción, que puede ser proporcionado también por el almacenamiento o por la respuesta de la demanda, será necesario para cubrir los huecos en cuanto a la disponibilidad de la renovable a lo largo del día, de la semana y ciertos períodos estacionales.

En el caso español, cabe destacar que la solar fotovoltaica no contribuye a suministrar la punta del sistema (que se produce durante la noche en invierno) y que el período del

anticiclón invernal limita durante un período de cierta duración la disponibilidad de recursos renovables. Estos huecos de producción, si no se produce un desplazamiento de la demanda, tendrán que ser cubiertos bien por centrales térmicas (algunas de las existentes o nuevas inversiones) y por las centrales hidráulicas (cuya operativa cambiará para dar respuesta a este problema, guiada por las señales del precio del mercado).

En esta línea, en escenarios analizados a 2030 y 2050 (Rivier et al., 2018) con modelos que simulan el despacho eléctrico se observa cómo será necesaria la construcción de nueva potencia adicional de respaldo del sistema para producir en las pocas horas de punta del sistema, y durante el anticiclón invernal. Los ciclos abiertos de gas contribuyen a mitigar ambos problemas, mientras que el almacenamiento (baterías o en bombeos reversibles) solamente pueden contribuir a reducir el primer problema (las puntas del sistema), pero no son capaces de proporcionar el almacenamiento de carácter estacional que será necesario.

Las simulaciones también indican que el potencial de la gestión activa de la demanda, y de las interconexiones, no serían suficientes por sí mismos para lograr una operación segura del sistema, por lo que las centrales de respaldo, y en particular las de gas (6), seguirán jugando un papel relevante en el medio plazo en el sistema español.

4. Seguridad del sistema de muy corto plazo

Por otro lado, tal como se ha mencionado, una mayor penetración de renovables conectada a la red eléctrica a través de convertidores electrónicos de potencia también puede afectar a la seguridad del sistema a muy corto plazo, esto es, a su capacidad para soportar perturbaciones (como caídas de rayos o desconexiones de centrales o líneas de transmisión) y mantener dentro de márgenes aceptables las variables que describen su funcionamiento (la tensión y la frecuencia).

Actualmente, la regulación de la frecuencia la realizan los generadores convencionales (térmicos –carbón, gas y nuclear– e hidráulicos), pero el sistema peninsular español podría llegar a basarse totalmente en generación renovable y no tener generación convencional siempre que el sistema continental europeo mantuviera generación convencional en proporción suficiente, y si las interconexiones con el resto de Europa se controlasen de forma apropiada. Sin embargo, el sistema peninsular español deberá seguir aportando las reservas de regulación primaria que le corresponden por su pertenencia al sistema continental europeo (7).

La contribución a la regulación primaria de la generación eólica requiere que los generadores eólicos tengan reservas de regulación a subir (es decir que tengan capacidad para aumentar su producción). También los sistemas de almacenamiento de energía basados en baterías podrían proporcionar las necesarias reservas de regulación primaria.

En la medida en que aumenten los requisitos de regulación de frecuencia con la penetración de renovables, se prevé que el servicio complementario de regulación primaria pase de ser obligatorio a ser remunerado y asignado por el mercado, como ya se hace en otros países europeos. Ello requerirá una monitorización más estricta y continuada de la calidad de la prestación del mismo, tal como se hace con el servicio de regulación secundaria en el sistema peninsular español. La calidad de la respuesta dinámica será crítica en escenarios de baja inercia.

Otros retos técnicos se refieren al mantenimiento de la tensión en las redes eléctricas y, en especial, en las de alta tensión (400 kV), y al funcionamiento de los sistemas de protección que se utilizan para proteger los equipos generadores e instalaciones de consumidores cuando ocurren cortocircuitos o fallos de aislamiento y que pueden dar lugar a fallos catastróficos o a colapsos del sistema. En ambos casos existen soluciones técnicas cuya implantación en el futuro resolvería ambas situaciones con costes que cada vez serán más asumibles.

Por tanto, podemos decir que las soluciones tecnológicas para dar respuesta a los problemas de seguridad de corto plazo co-

mentados existen a día de hoy y su implantación progresiva en el sistema no debiera suponer un impacto económico relevante en el mismo, ya que los costes de estas soluciones serán muy bajos en comparación al coste total del suministro.

5. El reto (y la oportunidad) de lo distribuido

En suma, procede al menos mencionar que las características modulares de la energía solar fotovoltaica y, en menor medida, la energía eólica, permiten también su despliegue de forma distribuida (conectada a las redes de distribución). La generación distribuida presenta retos adicionales en materia de visibilidad para el sistema y para la gestión de la misma, aunque ya existe tecnología para hacer frente a dichos retos. En cualquier caso, el reparto final entre estas dos alternativas vendrá determinado por las economías de escala a favor de las grandes instalaciones centralizadas y el valor adicional que puedan aportar las tecnologías distribuidas al sistema, además de otros posibles elementos o tendencias sociales.

III. EL DISEÑO DEL MERCADO ELÉCTRICO

Para poder conseguir una integración eficiente de las fuentes de energía renovables hay un total acuerdo sobre la necesidad de realizar una revisión amplia del diseño de los mercados de electricidad (los de largo, corto y muy corto plazo), lo cual es esencial cuando estas energías alcanzan altos niveles de penetración. En este sentido, los mecanismos de mercado se

han ido adecuando en Europa y, en particular, en España de forma gradual a esta realidad, aunque todavía queda bastante camino por recorrer.

1. El problema de las señales de largo plazo con alta penetración de renovables

Tal como se ha visto, el bajo coste variable de las energías renovables da lugar a la depresión de los precios del mercado cuando estas están produciendo (lo que se conoce como el efecto «orden de mérito»). En la práctica, la alta penetración de generación variable se traduce en un número significativo de horas con el precio del mercado muy bajo (cercano a cero), y también por un número de horas (mucho menor) de precios elevados, que en situaciones de escasez pueden y deben llegar a alcanzar precios extremos (p. ej., miles de euros/MWh).

Estos precios tan volátiles del mercado de energía son los que, idealmente, tendrían que ser capaces de dar una señal adecuada a la inversión y, por tanto, asegurar la recuperación de los costes de inversión de las centrales de generación (8). En la práctica, la capacidad del mercado de solo energía (*energy only market*) de atraer inversión es limitada, de forma fundamental, por dos razones que se analizan a continuación.

La primera es la intervención regulatoria del precio del mercado. El que el regulador no permita (de forma explícita o implícita) que el precio refleje adecuadamente las situaciones de escasez introduce el problema conocido como *missing money* (9). A este

respecto, el caso del mercado diario del día antes en España, presenta en la actualidad uno de los límites de precio más bajo que podemos encontrar en cualquier mercado de electricidad. No obstante lo anterior, en el marco del mercado único de la energía, la Unión Europea ha establecido que a lo largo de 2020 los precios tope que se apliquen en todos los países se armonicen (por lo que muy probablemente se sitúe en torno a los 3.000 euros/MWh, límite que impera en la mayoría de los mercados europeos). En cualquier caso, será necesario que los precios elevados dejen de verse como un problema y que se reduzca la presión implícita sobre los mismos.

La segunda razón es el riesgo asociado al precio del mercado de energía. Acabamos de ver que el precio de corto plazo es volátil. Sin embargo, al contrario de lo que se suele argumentar, no es esta incertidumbre de corto plazo lo que dificulta en mayor grado las inversiones. Un precio medio suficientemente alto durante las horas en las que produce una tecnología puede incentivar igualmente su inversión. La razón principal detrás de la falta de inversión es la incertidumbre del precio en el largo plazo (10), que es hoy muy superior a la que existía hace un par de décadas: además de la incertidumbre inherente a la evolución de las curvas de aprendizaje de las nuevas tecnologías, el futuro se percibe sujeto a intervenciones regulatorias (ambientales, de seguridad de suministro, etc.) no siempre predecibles.

La solución a este segundo problema podría estar en los mercados a largo plazo, a través de los que la generación (tanto la convencional como la

renovable) podría asegurar la recuperación de sus costes de inversión. Desgraciadamente, el reducido papel de la demanda (la contraparte teórica de la generación), y su poca aversión al riesgo asociada al precio, que no termina de percibir como un peligro real, hace que estos mercados no existan en la actualidad, al menos en los plazos necesarios para asegurar una inversión en generación que tiene varias decenas de años de vida útil.

Por otro lado, si se exigen objetivos específicos de política energética, tales como cuotas de producción de energías renovables, o volúmenes de almacenamiento de largo plazo (véase el bombeo) por seguridad de suministro, podrían hacer falta sistemas de remuneración complementaria para dichas tecnologías para alcanzar los objetivos fijados.

2. La necesidad de mecanismos complementarios de largo plazo

Por todo lo anterior, será necesario contar con mecanismos de largo plazo que remuneren de forma adecuada la potencia firme necesaria en el sistema (mercados de capacidad), así como la capacidad requerida para alcanzar los objetivos establecidos de política energética (p. ej., renovables) (11) (Gerres *et al.*, 2019).

Como gran parte del problema de las señales para la inversión deriva de no disponer de herramientas adecuadas para gestionar el riesgo asociado al precio de mercado, sería recomendable que el producto del mercado de capacidad (lo que

se compra en el mismo) incluya algún tipo de contrato de largo plazo que sirva para proporcionar una cobertura que mitigue esta incertidumbre. Un pago adicional que no gestione directamente el riesgo de precio (como el proporcionado por el mecanismo actual en España) puede incentivar la inversión en generación siempre y cuando sea lo suficientemente elevado, pero dicha solución será siempre más ineficiente que la que se podría haber logrado si se hubiese atacado directamente uno de los fallos del mercado (12).

Existe un amplio abanico de opciones en cuanto a las características de los posibles contratos que el regulador puede firmar con los agentes, con algunas alternativas que cubren en mayor medida que otras el riesgo de las dos contrapartes (generación y el regulador, actuando en nombre de la demanda). Como en cualquier otro tipo de intervención, el regulador debe aplicar su mejor criterio sobre lo que maximiza el beneficio social en el sistema. Como se analiza en Rodilla, Mastopietro y Batlle, (2019), una *call option* financiera asociada a una capacidad de producción firme es un producto que presenta buenas propiedades. Los mecanismos recientemente introducidos en Italia e Irlanda y que han sido aprobados por la Comisión Europea (13) se basan precisamente en este producto. Mecanismos similares han sido implantados previamente en ISO-NE y Colombia.

3. La necesidad de rediseñar los mercados de corto y muy corto plazo

A la postre, los mercados mayoristas de corto plazo y de tiem-

po real seguirán siendo necesarios para optimizar el despacho y el consumo, aunque necesitarán algunos ajustes para poder permitir a todas las tecnologías participar de forma activa y eficiente en los mismos en la medida en que puedan realmente proveer los servicios requeridos por el sistema. En particular son tres los aspectos sobre los que conviene incidir: i) facilitar el correcto funcionamiento de los mercados intradiarios; ii) reconsiderar la granularidad geográfica del precio la energía; y iii) pulir los productos de los mercados de reservas y tiempo real.

En primer lugar, es fundamental garantizar señales eficientes de precio en el horizonte intradiario para así proporcionar a los agentes del mercado los incentivos necesarios para mejorar su flexibilidad y sus capacidades de previsión. En este sentido, es necesario que los agentes puedan tener formatos de oferta adecuados, que les permitan participar mitigando el riesgo de ser despachados de forma no económica (14). También es fundamental garantizar la liquidez de estos mercados, ya que, si los mercados no son líquidos, difícilmente se puede garantizar la eficiencia de los precios que resulten.

En cuanto a la granularidad espacial, no cabe duda de que los recursos energéticos distribuidos aumentarán la necesidad de fijar precios por nodos en los mercados mayoristas y que las ganancias en eficiencia pueden ser muy significativas. Son muchos los estudios que llegan a esta conclusión. Las posibilidades de introducir precios nodales en España en el largo plazo pasan por buscar solución a dos aspectos. El primero es de índole institucional, ya que exige una

coordinación estrecha entre el operador de mercado y el operador del sistema. El segundo es de carácter computacional, y es que no está claro que a día de hoy se puedan calcular precios nodales mientras se respetan los principios del *European target model* (que pone todo foco en calcular adecuadamente los flujos transfronterizos).

Por último, es importante eliminar las barreras artificiales en las definiciones actuales de productos de reserva y crear productos de reserva que sean capaces de valorar y remunerar las diferentes capacidades de estos recursos.

IV. LA TARIFA ELÉCTRICA

Para lograr la adecuada transición hacia un sistema eléctrico totalmente descarbonizado, seguro y asequible, es esencial enviar las señales adecuadas a los consumidores, lo que a su vez implica revisar los costes que hoy se incluyen en las tarifas eléctricas, así como la estructura tarifaria que los asigna a cada una de las categorías de consumidores.

El papel que deben jugar los consumidores en la transición es clave para conseguir los objetivos de eficiencia energética, descarbonización de usos finales de energía y adopción de patrones de consumo más sostenibles. El diseño de las tarifas eléctricas que incluyen los costes regulados de las redes y de políticas energéticas y medioambientales junto con las señales de precio del mercado son elementos fundamentales en la consecución de estos objetivos.

Los consumidores, junto con nuevos agregadores de servicios,

se convertirán en elementos activos de la transición, tomando sus propias decisiones de inversión en tecnologías y formas de consumo más sostenibles, y prestando servicios de valor para la operación flexible del sistema, tales como la gestión de la demanda o el almacenamiento de energía, manteniendo sus estándares de confort. Para ello el diseño de señales económicas que reflejen los costes incurridos y el valor de los servicios prestados es clave.

En la actualidad, aproximadamente un tercio de la factura eléctrica de un consumidor residencial en España corresponde al precio de la energía negociada en el mercado, un tercio a costes regulados de las redes de transporte y distribución de electricidad, y el otro tercio a costes de políticas energéticas y medioambientales y tasas. Los consumidores reaccionarán, tomando sus decisiones de inversión y gestión en tecnologías de generación renovable, almacenamiento mediante baterías, movilidad con vehículo eléctrico o climatización con bombas de calor, respondiendo al precio final de la electricidad, y cómo este se compara frente al de otros combustibles alternativos. La estructura de la tarifa eléctrica también es relevante e influirá en estas decisiones que tomen los consumidores. La tarifa eléctrica resulta de la suma de diferentes componentes: un cargo fijo por consumidor (en España este cargo no existe), un cargo por potencia punta contratada o consumida, en kW, y un cargo dependiendo del consumo de energía, en kWh, que pueden ser estáticos o cambiar en el tiempo según períodos tarifarios dependiendo de las horas del día, los tipos de días (laborables o festivos) y las estaciones del año.

1. Costes del sistema, políticas energéticas y medioambientales y reforma fiscal

Los costes de política energética u otras políticas sociales que se incluyen en la factura eléctrica deberán decidirse en un contexto amplio de reforma fiscal de tal forma que se promueva una correcta competencia entre combustibles finales (electricidad, gas, gasolina y diésel) teniendo en cuenta su impacto medioambiental y facilitando la consecución de los objetivos de descarbonización fijados.

Por tanto, es necesario revisar los impuestos que actualmente gravan la generación de electricidad, en un contexto de una reforma fiscal energética y ambiental basada en el principio de «quien contamina paga». Bajo la misma, se deberán aplicar tasas a los combustibles que internalicen las externalidades de las emisiones de CO₂ y otros contaminantes (p.ej., NO_x, SO₂ y partículas) promoviendo una competencia efectiva entre combustibles y usos finales de la energía.

Adicionalmente, los costes derivados del soporte a las energías renovables, que actualmente financian al 100 por 100 los consumidores eléctricos a través de la factura eléctrica, podrían repartirse entre todos los consumidores energéticos (Batlle, 2011). Otra alternativa sería financiar estos costes o parte de ellos, junto con los otros costes de políticas públicas (extrapeninsulares y déficit de tarifa) a través de los Presupuestos Generales del Estado.

2. Costes de redes

Los costes de las redes de transporte y distribución se recuperan a través de los peajes de redes y cargos de conexión.

Si bien la metodología propuesta por la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC) para la asignación de los costes de red a las diferentes categorías tarifarias constituye un buen punto de partida, ya que se trata de aplicar el principio de causalidad a la potencia contratada o demandada, que es el principal *driver* de coste, repartida según los niveles de tensión de las redes, en el futuro se podrá ir mejorando esta metodología para, de acuerdo con la teoría económica, separar los costes incrementales de los costes residuales de red.

Los costes incrementales de las redes deben recuperarse a través de cargos que incentiven a los recursos flexibles (demanda o generación gestionable y almacenamiento) a minimizar el uso de las mismas en los períodos críticos de máximo uso, para de esta forma reducir el volumen de inversiones futuras. Estos cargos, por tanto, deberán ser dinámicos, cambiantes en el tiempo, simétricos para consumo o inyección de potencia, por potencia demandada/inyectada en los períodos críticos y locales dependiendo de los períodos de máxima utilización de la red.

El resto de costes de la red, coste residual, deberá ser recuperado mediante un cargo fijo a los consumidores eléctricos, o como el resto de infraestructuras de redes energéticas o viarias se podrá financiar en parte por los Presupuestos Generales del Estado, dado el carácter vertebrador

y de desarrollo que proporcionan este tipo de infraestructuras.

3. Estructura tarifaria

La estructura tarifaria, por tanto, deberá promover una respuesta eficiente de los consumidores y una adecuada competencia entre los recursos distribuidos y centralizados, ya sean de generación o de almacenamiento. Para ello se deben evitar tarifas volumétricas (15) sin discriminación temporal, o la compensación de consumos y producción entre diferentes períodos temporales, lo que se denomina «neteo», que promueven prácticas ineficientes de autoconsumo (16). Por esta razón no se deben indexar los costes fijos de redes y otros cargos regulados al consumo de energía. Es cierto, como sostiene algunos, que traducir los costes fijos a cargos volumétricos reforzaría los incentivos al ahorro energético o al autoconsumo, pero ello conduciría a un sistema no sostenible en el largo plazo donde a pesar de disminuir el consumo neto, los costes no lo harían, incrementando las tarifas de energía y dando lugar a subsidios cruzados entre consumidores que invierten en las nuevas tecnologías y los que no lo hacen (17).

Los precios de la energía en la tarifa únicamente deberán reflejar los costes marginales incurridos con sus variaciones temporales por las tecnologías de generación en el mercado y los correspondientes márgenes de comercialización. El uso de los contadores inteligentes, que en la actualidad ya están prácticamente desplegados en España, es una gran oportunidad para proporcionar señales de precio

de energía y peajes de redes dinámicos que permitan a los consumidores con recursos gestionables y flexibles reaccionar de forma eficiente a los mismos. Con ello, se promueve la elección eficiente de los recursos energéticos y su gestión por parte del consumidor (Perez-Arriaga *et al.*, 2016).

4. Cargos fijos

Como ya se ha dicho, el coste residual de las redes, así como los costes de políticas que finalmente se decidan incluir en la factura eléctrica deberán recuperarse a través de cargos fijos, en lugar de volumétricos, asignados a consumidores de forma que minimicen las distorsiones sobre sus actuaciones eficientes en la inversión en recursos distribuidos o en la gestión de su energía y siguiendo principios de equidad y justicia. Según la teoría económica, para maximizar la eficiencia estos cargos deberían calcularse de forma inversamente proporcional a la elasticidad del consumidor al precio, para minimizar distorsiones en la asignación eficiente de los recursos (Ramsey, 1927) o de forma proporcional a la preferencia que muestran hacia el bien los consumidores con mayor capacidad de producción (Mirrlees, 1976). En la práctica, y si además se quieren incorporar criterios de equidad, los cargos fijos para los consumidores conectados en redes de baja tensión se podrían calcular de forma proporcional, por ejemplo, a la tasa de bienes inmuebles o al tamaño de la propiedad con suministro eléctrico del consumidor, o a la potencia contratada entre otras alternativas posibles. Para los consumidores conectados a las redes de alta tensión también

podría utilizarse como *proxy* la potencia contratada.

En (Morell *et al.*, 2019) se comparan tres alternativas para el diseño de estos cargos fijos por punto de suministro:

- según un *proxy* de la renta del consumidor,
- según la máxima potencia contratada en punta-llano del consumidor,
- según el consumo histórico del consumidor.

La primera alternativa consiste en un cargo fijo según nivel de renta, impuesto sobre bienes inmuebles (IBI) o el valor catastral. La asignación de los costes regulados según el nivel de renta permite que los cargos sean progresivos respecto a la renta de los consumidores. El valor catastral o el IBI son también indicadores del poder adquisitivo de su propietario. De esta manera, este tipo de cargo discriminaría a los consumidores, cumpliendo los criterios de equidad y progresividad, además de ser independiente del nivel de consumo. Una de las diferencias principales entre utilizar el valor catastral o el IBI radica en que hay exenciones para determinados edificios respecto al pago de este último, por ejemplo, edificios públicos, edificios religiosos, etc., con lo cual el valor catastral podría ser una mejor opción.

Esta alternativa es robusta frente al problema de que los consumidores cambien su potencia contratada o su consumo energético total, ya que sus pagos no se verían modificados por ello. Además, el cargo sería independiente de si el consumidor decide la instalación de autoproducción, de sistemas

de almacenamiento o si varios consumidores deciden constituirse en una agrupación de consumidores. Este cargo sería fácilmente aplicable a nuevos consumidores. Sin embargo, su implantación sería previsiblemente compleja debido a múltiples factores, el principal es la accesibilidad de la información para la facturación, ya que tanto los valores de renta como el IBI o valor catastral se encuentran en bases de datos que son externas al sector eléctrico, lo cual puede suponer una barrera para la implementación. Además, podría ser necesario un cambio legal que permita asignar los cargos de acuerdo con estos criterios y generar cambios sustanciales respecto a las prácticas actuales.

La segunda alternativa consiste en un cargo por el máximo de la potencia contratada en los períodos punta-llano. Se trata de una transición menos abrupta respecto a la situación actual tarifaria. Para evitar que este diseño del cargo por potencia contratada sea una barrera para la electrificación de otros usos como el transporte o la climatización, se propone que el cargo se aplique únicamente en los períodos punta y llano, y con un valor fijo para todo el año. De esta manera, no se introducirían extracostes al consumo o al uso de la potencia en horas valle. Por ejemplo, no se crearían barreras a la recarga lenta de los vehículos eléctricos fuera de los períodos de alta utilización de las redes o tampoco se penalizaría la gestión eficiente de la demanda ya que se mantendría el incentivo a que la demanda gestionable se pudiera trasladar a la fase valle.

Como propuesta complementaria, y con objeto de incorpo-

rar criterios de equidad para los consumidores residenciales, se podría introducir una discriminación adicional, según tramos de potencia para consumidores de categorías 2.0 en tres grupos: a) cargo reducido para potencias menores de 3 kW; b) cargo medio para potencias entre 3 kW y 6 kW; y c) cargo elevado para potencias entre 6 y 10 kW.

La potencia contratada no es exactamente un parámetro fijo ya que puede ser modificada por el consumidor, pero hasta cierto punto, ya que el consumidor deberá contratar el mínimo que requiere según sus necesidades. Además, este diseño es robusto frente a la autoproducción, principalmente con fotovoltaica, ya que esta generación, al no ser despachable, es difícil que coincida con períodos de demanda punta, principalmente en invierno. Sin embargo, este diseño no sería robusto frente a la instalación de sistemas de almacenamiento futuros que permitirían reducir la potencia contratada; o en el caso de agrupación de puntos de suministro, en comunidades energéticas, que permitirían al conjunto de consumidores reducir su potencia contratada. En este último caso, la potencia coincidente sería menor que la suma de las potencias contratadas individuales. Este diseño también sería de directa aplicación a los nuevos consumidores cuando piden un nuevo punto de suministro, y sería fácilmente aplicable a todas las categorías de consumidores, tanto comerciales como industriales.

La tercera alternativa consiste en un cargo fijo según el consumo histórico de energía del consumidor en el momento de aplicar la nueva estructura tarifaria. Esta alternativa pretende recono-

cer la responsabilidad «histórica» de cada consumidor en los costes (hoy hundidos) que se tienen que asignar, por ejemplo, en los subsidios pagados a las tecnologías de generación renovables.

La relación entre consumo histórico y nivel de renta no es tan clara. Es presumible que los consumidores con mayor renta tengan más equipamiento en electrodomésticos y, por tanto, un mayor consumo. Pero, consumidores con baja renta pueden consumir mucha energía debido a electrodomésticos menos eficientes o viviendas con peor aislamiento térmico. Un cargo fijo basado en el consumo histórico no se actualizaría con el consumo reciente, y, por tanto, los consumidores no podrían modificarlo cambiando sus patrones de consumo.

Esta alternativa es de directa implementación pues los datos requeridos están fácilmente disponibles y, además, es robusta frente a la autoproducción y el almacenamiento, no incentivando la instalación ineficiente de estas tecnologías. Pero presenta la dificultad de no ser directamente aplicable a las peticiones de nuevos puntos de suministro donde el consumo histórico no estaría disponible. Para resolver esto último, se podrían fijar cargos predeterminados tomando como referencia consumidores con características similares (Batlle, Mastropietro y Rodilla, 2018).

Se puede concluir que no existe una alternativa de diseño superior a las demás, pero que la transición de los diseños actuales a los presentados como más avanzados es un aspecto clave para abordar con eficiencia y equidad el proceso de transición energéti-

ca cumpliendo con los objetivos de descarbonización fijados.

En definitiva, es importante resaltar la necesidad de dotarse de una metodología tarifaria objetiva, transparente y no discriminatoria que aplique los principios de diseño enumerados y se mantenga en el tiempo de forma estable. En la actualidad, en España se han transferido al regulador, la CNMC, las atribuciones para el diseño de la metodología de los peajes de redes, mientras que el Ministerio competente en la materia mantiene las atribuciones para el diseño de la metodología de los cargos regulados que asignan a los consumidores los costes de las políticas energéticas y medioambientales incluidos en la tarifa eléctrica.

V. LAS REDES ELÉCTRICAS

La necesaria flexibilidad de la demanda para acomodarse a la generación renovable variable, así como, en su caso, la mayor penetración de la generación distribuida, requerirá un cambio sustancial en la forma en la que se operan las redes eléctricas de distribución.

La red de distribución se ha diseñado tradicionalmente para transmitir flujos de energía de forma unidireccional desde la generación centralizada hasta el consumo, de manera que se pueda operar con bajos niveles de monitorización y control, gracias al comportamiento predecible y pasivo de los consumidores y la baja presencia de generación distribuida. Sin embargo, una integración eficiente de los recursos distribuidos (generación, respuesta de la demanda y almacenamiento) requiere un mayor grado de observación y control

de la red, con flujos de energía en ambas direcciones, incluyendo también la participación activa de los recursos distribuidos para su operación segura.

Este nuevo paradigma de la planificación y operación de la red de distribución es lo que se conoce como redes de distribución inteligentes, o *smart grids*, caracterizadas por un empleo masivo de equipos de electrónica de potencia, sensores y tecnologías de la información y la comunicación (TIC) (Gangale *et al.*, 2017).

En España se han dado importantes pasos en este sentido. Cabe destacar el despliegue de contadores inteligentes que comenzó en el año 2007 y ha terminado en 2018. Otras soluciones que ya han dado el salto desde los proyectos piloto al despliegue a gran escala son la reconfiguración automática de la red en caso de interrupciones de suministro o la monitorización de las redes de baja tensión para la detección de fraude.

No obstante, aún queda mucho camino por recorrer para lograr un sistema de distribución verdaderamente inteligente. Los principales desafíos para esta transición se encuentran en el desarrollo de nuevos modelos de negocio y un marco regulatorio que envíe a los operadores de las redes las señales económicas apropiadas y que asegure la necesaria coordinación entre los roles de los operadores del sistema de transporte y de la distribución. Por ejemplo, los operadores de redes deberán utilizar la flexibilidad proveniente de los recursos distribuidos antes de abordar nuevas inversiones en redes más costosas y que puedan ser evitadas me-

dante la utilización de estos recursos. También la coordinación entre los operadores de las redes de transporte y distribución se hace más necesaria teniendo en cuenta que los recursos distribuidos podrán ofertar servicios de flexibilidad tanto al operador del sistema, para mantener la frecuencia, como al operador de distribución para ayudar a resolver problemas de sobrecargas o control de tensiones en la red. Se necesita, por tanto, coordinar los procedimientos de precalificación de los proveedores de los servicios, la estandarización de los productos, la secuencia de los diferentes mercados y el establecimiento de plataformas comunes para el intercambio de información.

En cualquier caso, es importante recordar que estas redes inteligentes deben ser un medio para alcanzar una mayor eficiencia operativa y una descarbonización eficiente, y no fines en sí mismos. La regulación y las señales e incentivos económicos para su desarrollo deben tener en cuenta este último aspecto. Por ejemplo, la regulación de los operadores de redes debe virar hacia una remuneración de TOTEX en lugar de estar basada en los activos invertidos (CAPEX), debe anticipar las necesidades futuras en lugar de basarse en indicadores históricos, debe promover prácticas innovadoras basadas en soluciones avanzadas de redes flexibles y premiar los resultados de las compañías en la mejoras de los servicios que prestan, tales como calidad de servicio, satisfacción del cliente, capacidad de la red para conectar recursos distribuidos renovables o de baja intensidad en carbono (generación renovable, vehículos eléctricos, bombas de calor, etcétera).

Por otra parte, la Comisión Europea está promoviendo una mayor interconexión eléctrica entre los Estados miembros con objeto de mejorar el funcionamiento del mercado, mejorar la seguridad de suministro y facilitar la integración de renovables. Para ello ha fijado un objetivo (indicativo) para la capacidad de intercambio entre países de al menos el 10 por 100 de la capacidad instalada de generación en 2020, y ha propuesto alcanzar el 15 por 100 en 2030 (CE, 2017a). Actualmente, la península ibérica tiene una capacidad de interconexión con Francia inferior al 5 por 100 de la potencia instalada.

Aumentar la capacidad de interconexión podría facilitar la integración de mayores volúmenes de generación intermitente de origen renovable a nivel europeo. Sin embargo, determinar adecuadamente los beneficios reales de estas inversiones en interconexiones no es una tarea sencilla (dependen de las correlaciones entre la generación renovable de los países, de la correlación de las demandas, de otros posibles proyectos de red, etc.) (Bañez *et al.*, 2017).

En cualquier caso, para su desarrollo, los beneficios deberán superar los costes de las interconexiones, aunque este no es posiblemente el mayor problema. La planificación del despliegue regional de renovables y de las nuevas interconexiones asociadas requiere su aceptación social y de un alto grado de coordinación entre los distintos países involucrados, y sobre todo, un reparto apropiado de los costes y beneficios tanto entre los países como entre los agentes afectados. A nivel europeo, ENTSO-e, representando a los operadores de los sistemas eléctricos nacio-

nales, supervisado por ACER, representando a los reguladores nacionales, desarrolla periódicamente el plan de expansión de la red de transporte eléctrica europea con un horizonte de diez años (*Ten Year Network Development Plan*, o *TYNDP*). La planificación regional europea tomará más relevancia con los procesos de transición hacia la descarbonización que todos los países europeos deben realizar. Por tanto, las necesidades de apoyo y complementariedad entre países, para conseguir una transición eficiente, se deben analizar cada vez más en el contexto regional europeo.

VI. CONCLUSIONES

El sector eléctrico del futuro se constituye en una pieza clave para la descarbonización total del sistema energético en su conjunto. La madurez y competitividad alcanzadas por las tecnologías de generación renovable, junto con las expectativas de desarrollo de las tecnologías de almacenamiento, hacen pensar que en 2030 podamos contar en España con un sector eléctrico de bajas emisiones y alta penetración de renovables. Además, ello permitirá también acelerar la descarbonización del sector del transporte, mediante vehículos eléctricos, y del sector residencial y servicios, mediante la climatización y gestión inteligente de edificios, y en menor medida también de la descarbonización de algunos procesos en el sector industrial.

Uno de los retos más importantes que presenta la operación de un sistema eléctrico basado en energías renovables es el mantenimiento de la seguridad del suministro en las diferentes

escalas de tiempo, desde el largo plazo asegurando las inversiones necesarias en tecnologías de respaldo; en el medio plazo asegurando la disponibilidad de estos recursos de respaldo, recursos hidráulicos y de almacenamiento con rapidez de respuesta; y en el corto y muy corto plazo manteniendo la estabilidad y la frecuencia en el sistema.

Los estudios realizados permiten afirmar que con las tecnologías disponibles y con las expectativas de desarrollo del almacenamiento, el objetivo de descarbonizar el sector eléctrico es alcanzable técnicamente y a unos costes razonables.

Sin embargo, para que estas expectativas se conviertan en realidad es necesario realizar reformas regulatorias que permitan alcanzar los objetivos fijados en un ambiente de competencia bajo el marco legal del mercado eléctrico europeo. El paquete de reformas denominado «Paquete de Energía Limpia para todos los europeos» recientemente aprobado por el Parlamento y Consejo de la Unión Europea constituye un paso importante en la dirección correcta.

Los temas relevantes discutidos en este artículo y que deben ser detallados en la regulación venidera se refieren al diseño de mecanismos de contratación de largo plazo que aseguren las inversiones requeridas tanto en energías renovables como en tecnologías que provean capacidad firme de respaldo; mecanismos de contratación y gestión de la flexibilidad provista por recursos distribuidos a los operadores de redes tanto de transporte como distribución; diseño de tarifas eléctricas que reflejen el coste de proveer el servicio y promuevan

una respuesta eficiente de los consumidores; y nuevos mecanismos para la regulación y remuneración de las actividades de las empresas de redes que incentiven la adopción de sus nuevos roles como operadores y facilitadores de la transición energética.

España goza de una situación privilegiada en cuanto a disponibilidad del recurso renovable, tanto solar como eólico, y la operación del sistema con alta penetración de renovables tiene ya una experiencia acumulada sobresaliente. También disponemos de centrales hidráulicas y centrales de gas que garantizan el respaldo, al menos para los próximos años de transición. Los temas regulatorios de mayor calado que quedan por desarrollar son los esquemas de contratación para las nuevas inversiones renovables, el diseño de mecanismos de capacidad para la inversión en tecnologías de respaldo, el diseño de peajes y cargos que reflejen costes e incentiven respuestas eficientes de los consumidores y una política fiscal energética medioambiental que promueva la transición al menor coste y de forma justa para todos.

NOTAS

(*) Este artículo resume un trabajo más amplio, «El sector eléctrico español del futuro. Retos y políticas» (LINARES *et al.*, 2018), en el que también han colaborado MICHEL RIVIER, PABLO FRIAS, JOSÉ PABLO CHAVES, ÁLVARO SÁNCHEZ, TIMO GERRES, RAFAEL COSSANT, LUIS OLMOS, ANDRÉS RAMOS, LUIS ROUCO y FRANCISCO MARTÍN.

(1) Tal como establece claramente el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) en sus informes (<http://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>).

(2) Adicionalmente, estas tecnologías no aportan de por sí inercia real al sistema, por lo que necesitan elementos de control adicionales que contribuyan a mantener la estabilidad del sistema.

<p>(3) Que aporte capacidad firme al sistema y que sea suficientemente flexible, como la hidráulica regulable o los ciclos de gas. Aunque esta segunda opción no esté libre de CO₂ y aumente la dependencia energética, estas pegadas quedan muy relativizadas dado que los ciclos de gas, al adoptar un papel de respaldo para el sistema, tendrían una producción relativamente reducida.</p> <p>(4) Esto es posible gracias a las posibilidades que ofrece la digitalización y las tecnologías de consumo.</p> <p>(5) El ciclado de una planta térmica se refiere al ciclo de arranque, producción y parada.</p> <p>(6) Que podría ser de origen renovable si hubiera recurso suficiente.</p> <p>(7) Cuando se produce la desconexión no programada de un generador en el sistema peninsular español, en los primeros segundos, la mayor parte del déficit es suministrado por el sistema continental europeo a través de la interconexión, pero también es necesario que el sistema peninsular español contribuya con generación de reserva para evitar la caída de la frecuencia, lo que se conoce como regulación primaria.</p> <p>(8) Este es el paradigma conocido como mercado de solo energía (<i>energy only market</i>, en la literatura en inglés)</p> <p>(9) Imposibilidad de las plantas del <i>mix</i>, que debieran instalarse bajo criterios de eficiencia, a recuperar sus costes de inversión.</p> <p>(10) Por incertidumbre de largo plazo, nos referimos precisamente a la incertidumbre asociada al precio medio anual que percibirá cada tecnología en los futuros años.</p> <p>(11) Los mecanismos de capacidad están orientados a contratar capacidad firme con la que garantizar la seguridad de suministro, objetivo bien diferente del cumplimiento de las cuotas de penetración de renovable también fijadas por la Unión Europea. De ello no se puede concluir que las renovables que entren al mercado (sin apoyo alguno) no tengan derecho a participar en el mecanismo de capacidad en la medida en que aporten firmeza al sistema. En todo caso, destacar que la normativa de la Unión Europea de ayudas de Estado no permite acumular ayudas de forma que la rentabilidad obtenida sea excesiva. Por ello, si el apoyo a las renovables se diseña con el objetivo de garantizarles una rentabilidad razonable, dichas renovables no podrán participar además en el mecanismo de capacidad, o si ello tuviera lugar, los ingresos derivados del mecanismo de capacidad deberían tenerse en cuenta para calcular la remuneración adicional que les permitiera alcanzar la rentabilidad garantizada.</p> <p>(12) El mecanismo conocido como mercado de capacidad (implementado en alguna de sus variantes en PJM, Reino Unido o Francia)</p>	<p>tampoco ofrece una cobertura de riesgo al generador, sino únicamente un pago adicional. Por lo que el razonamiento sobre su eficiencia es análogo al expuesto para el caso español.</p> <p>(13) Para más detalles, véase Comisión Europea 2017b y 2018b.</p> <p>(14) Aunque es un tema controvertido, lo cierto es que los formatos de oferta con los que los agentes participan en los mercados diario e intradiario en España no representan de forma precisa la estructura de costes y las restricciones técnicas de las distintas tecnologías. Por poner un ejemplo, una batería no tiene un formato de oferta que le ayude a garantizar que será casada en el mercado sin incurrir en pérdidas.</p> <p>(15) Se denominan tarifas volumétricas a aquellas que se aplican en función del consumo de energía.</p> <p>(16) En este caso, la práctica del autoconsumo permite reducir el pago de costes tales como redes, u otros costes regulados, de los que se siguen beneficiando, y que otros consumidores deberán asumir.</p> <p>(17) Además de que pueden resultar en niveles de eficiencia energética o autoconsumo no eficientes desde el punto de vista social.</p> <p>BIBLIOGRAFÍA</p> <p>BAÑEZ, F., OLMOS, L., RAMOS, A. y LATORRE, J. M. (2017). Beneficiaries of transmission expansion projects of an expansion plan: an Aumann-Shapley approach. <i>Applied Energy</i>, 195, pp. 382-401.</p> <p>BATLLE, C. (2011). A method for allocating renewable energy subsidies among final energy consumers. <i>Energy Policy</i>, 39, pp. 2586-2595.</p> <p>BATLLE, C., MASTROPIETRO, P. y RODILLA, P. (2018). Redesigning residual cost allocation in electricity tariffs: a proposal to balance efficiency, equity and cost recovery. <i>Working Paper IIT-18-119A</i>. Disponible en: https://www.iit.comillas.edu/publicacion/mostrar_publicacion_working_paper.php.es?id=348</p> <p>COMISIÓN EUROPEA (2017a). <i>Towards a sustainable and integrated Europe</i>. Informe del Grupo de Expertos de la Comisión Europea sobre Objetivos de Interconexión Eléctrica. Noviembre.</p>	<p>— (2017b). State Aid SA.44464 (2017/N) - Ireland - Irish Capacity Mechanism. <i>Document COM(2017)7789 final</i>. Publicado el 24 de noviembre.</p> <p>— (2018a). <i>Un planeta limpio para todos La visión estratégica europea a largo plazo de una economía próspera, moderna, competitiva y climáticamente neutra</i>. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo, al Comité de las Regiones y al Banco Europeo de Inversiones.</p> <p>— (2018b). State Aid SA.42011 (2017/N) - Italy - Italian Capacity Mechanism. <i>Documento COM(2018) 617 final</i>, published on 7 February 2018 but released to the general public in April 2018.</p> <p>ECONOMICS FOR ENERGY (2017). <i>Escenarios para el sector energético en España. 2030-2050</i>. Disponible en: https://eforenergy.org/docpublicaciones/informes/informe_2017.pdf</p> <p>GANGALE, F., VASILIEVSKA, J., COVRIG, C. F. et al. (2017). <i>Smart grid projects outlook 2017: facts, figures and trends in Europe</i>. Joint Research Centre.</p> <p>GERRES, T., CHAVES, J. P., MARTÍN, F. et al. (2019). Rethinking the electricity market design: remuneration mechanisms to reach high RES shares. Results from a Spanish case study. <i>Energy Policy</i>, 129, pp. 1320-1330.</p> <p>LINARES, P., RODILLA, P., GÓMEZ, T. et al. (2018). <i>El sector eléctrico español del futuro: retos y políticas</i>. Informe IIT-18-1531. Diciembre. Disponible en: https://www.iit.comillas.edu/publicacion/mostrar_publicacion_informe.php.es?id=86</p> <p>MIRRLLES, J. y DIAMOND, P. (1971a). Optimal Taxation and Public Production I: Production Efficiency. <i>American Economic Review</i>, 61, pp. 8-27.</p> <p>— (1971). Optimal Taxation and Public Production II: Tax Rules. <i>American Economic Review</i>, 61, pp. 261-278.</p>
--	--	---

<p>MORELL, N., COSSENT, R., CHAVES, J. P. et al. (2019). Respuesta a la consulta pública previa a la elaboración del Real Decreto por el que se establece las metodologías de cálculo de los cargos del sistema eléctrico del Ministerio para la Transición Ecológica. <i>Working Paper</i> IIT-19-063A (junio). Disponible en: https://www.iit.comillas.edu/publicacion/mostrar_publicacion_working_paper.php?id=365</p> <p>PÉREZ-ARRIAGA, I. J. et al. (2016). Utility of the Future: An MIT Energy Initiative</p>	<p>response to an industry in transition Report.</p> <p>RAMSEY, F. (1927). A contribution to the theory of taxation. <i>The Economic Journal</i>, 37, pp. 47-61.</p> <p>RIVIER, M., GÓMEZ, T., CHAVES, J. P. et al. (2028). <i>Análisis de escenarios futuros para el sector eléctrico en España para el período 2025-2050</i>. Marzo. Disponible en: https://www.iit.comillas.edu/publicacion/</p>	<p>RODILLA, P., MASTROPIETRO, P. y BATLLE, C. (2019). Mecanismos de capacidad y opciones de fiabilidad: criterios de diseño en un contexto con alta incertidumbre. <i>Papeles de Energía</i>, 6 (enero). Disponible en: https://www.funcas.es/publicaciones_new/Sumario.aspx?IdRef=23-00006</p> <p>THE WORLD BANK AND INSTITUTE FOR HEALTH METRICS AND EVALUATION (2016). <i>The cost of air pollution. Strengthening the economic case for action</i>. IBRD.</p>
--	---	---

Resumen

Se analiza la evolución creciente de las emisiones de GEI en el sector transporte y la contribución de cada modo. Se constata que, a pesar de los compromisos adquiridos, no se está mejorando de modo suficiente la eficiencia energética del sector y se analizan los desafíos en el horizonte 2050. Se necesitan acciones más decididas, sobre todo para cambiar la distribución de la demanda, mayoritariamente ligada a la carretera, tanto en personas como mercancías. Esta acción de reforma profunda del sector ha de complementarse con las mejoras tecnológicas de motores y combustibles, el cambio de pautas de conducción y la gestión del tráfico y las infraestructuras. Pero cada una de esas medidas no serán suficientes para alcanzar los objetivos de reducción de GEI, si no hay un cambio global del modelo de movilidad y una toma de conciencia individual en las decisiones cotidianas en la realización de viajes.

Palabras clave: GEI del transporte, eficiencia energética sector transporte, modos de transporte, pasajeros y mercancías.

Abstract

The growing trends of GHG in the transport sector are analysed mode by mode. It is clear that, although the international agreements in the horizon 2050 are very clear and very demanding, the present roadmap cannot achieve the assumed challenges. It is necessary more efficient policy actions, mainly to change drastically the demand distribution among modes, reducing the share of road transport. That means a real change of the sector that should be complemented by technological changes in powertrains and fuels efficiency, changes in driving patterns and management of road infrastructures and traffic flows. But all those individual improvements are not enough without a radical change in modal mobility patterns and the awareness that our individual transport decisions have to be revised.

Keywords: transport GHG, energy efficiency of transport sector, transport modes, passenger and goods.

JEL classification: L91, Q49, Q50.

MEDIDAS URGENTES PARA REDUCIR LAS EMISIONES EN EL SECTOR TRANSPORTE

Andrés MONZÓN DE CÁCERES

Natalia SOBRINO VÁZQUEZ

TRANSyT – Centro de Investigación del Transporte
Universidad Politécnica de Madrid

I. EMISIONES DE GEI DEL TRANSPORTE

COMO se ha señalado en los artículos precedentes, la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) son el principal desafío ambiental de tipo global. Entre dichos gases, el de mayor concentración y que más ha crecido en las últimas décadas es el CO₂ emitido en la combustión de combustibles fósiles, que de modo muy relevante y creciente es consecuencia del transporte. Este sector fue el responsable de un 25 por 100 de las emisiones de CO₂ globales en 2016, alrededor de 8 GtCO₂, ocupando el tercer puesto después del sector industrial y el residencial, con el 36 por 100 y 27 por 100 respectivamente (IEA, 2018). Esta preocupación se debe en gran parte al crecimiento acelerado de la emisión de GEI por el transporte, que ha llevado a incrementarse un 71 por 100 desde 1990 a 2016 (IEA, 2018) a nivel global, siendo el transporte por carretera el que más incrementó sus emisiones en más de 2,5 GtCO₂.

Para poner freno a esta tendencia al alza en el crecimiento de emisiones de GEI, se han adoptado diferentes acuerdos internacionales con diferentes objetivos de reducción tomando el año 1990 como referencia, véase el Protocolo de Kioto (Naciones Unidas, 1998). En el último acuerdo adoptado por la comunidad glo-

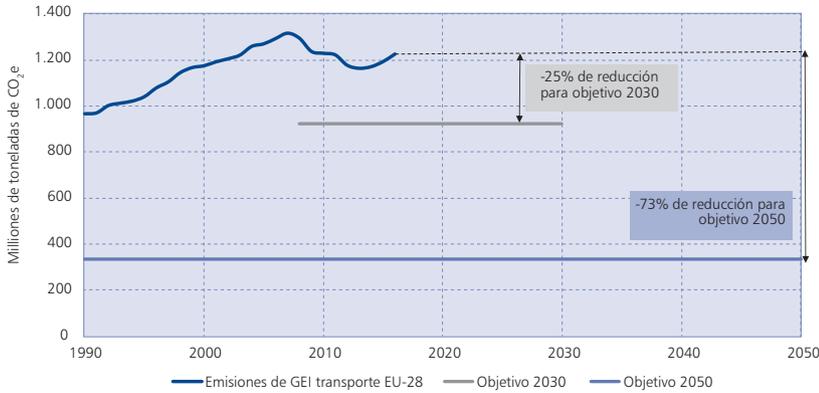
bal, el Acuerdo de París en diciembre de 2015 (UNFCC, 2018), se incluyen acciones de mitigación de los GEI que cubren desde 2020 en adelante para todos los países, tanto desarrollados como en desarrollo. El acuerdo fue ratificado y puesto en práctica en noviembre de 2016, y en agosto de 2018 fueron 180, de 197 países, los que formalmente ratificaron el acuerdo, entre ellos España y parte de la Unión Europea (UNFCC, 2018).

Sin embargo, a pesar de los múltiples acuerdos y declaraciones, las emisiones de GEI del transporte no han hecho sino crecer, salvo el corto período de la crisis económica 2007-2013, para volver a recuperarse inmediatamente después. Por tanto, si se quieren alcanzar los compromisos asumidos (véase gráfico 1), hay que tomar medidas más radicales y eficientes.

1. Emisiones de GEI: mejora general y empeoramiento del sector transporte

A nivel europeo, las emisiones totales de los GEI de 1990 a 2017 se han reducido alrededor de 1.330 millones de toneladas de CO₂eq, que suponen una disminución del 23,5 por 100, llegando a su nivel más bajo en el año 2014. Este resultado positivo está, sin embargo, lejos de los compromisos asumidos.

GRÁFICO 1
OBJETIVOS DE REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GEI EN EL TRANSPORTE EN EUROPA



Fuente: EEA (2019).

En este escenario de reducción de los GEI, el sector transporte ha sido la gran excepción, siendo el principal sector donde han crecido las emisiones: 170 millones de toneladas de CO₂ durante el período de 1990 a 2017 (EEA, 2019). Esta cifra supone un crecimiento del 19 por 100.

Si nos fijamos en la evolución de los últimos quince años, se puede apreciar cómo las emisiones de los GEI del transporte en Europa en 2017 son ligeramente inferiores al 2002 (en un 0,5 por 100) (véase gráfico 2). En la evolución de las emisiones de GEI del transporte, se pueden distinguir tres períodos:

- 2002 a 2007: los GEI aumentan un +4,7 por 100, coincidiendo con un período de expansión económica.
- 2007 a 2013: los GEI descienden un -10,7 por 100. Este período coincide con la recesión económica a nivel europeo y mundial.
- 2013 a 2017: los GEI aumentan un +6,4 por 100, coincidiendo con la recuperación económica.

ciendo con la recuperación económica.

Por tanto, se puede decir que, particularmente en el sector del transporte, el crecimiento económico está ligado al consumo de fuentes energéticas fósiles, que no han sabido mejorar su eficiencia energética, o lo han hecho en mucha menor medida que otros sectores.

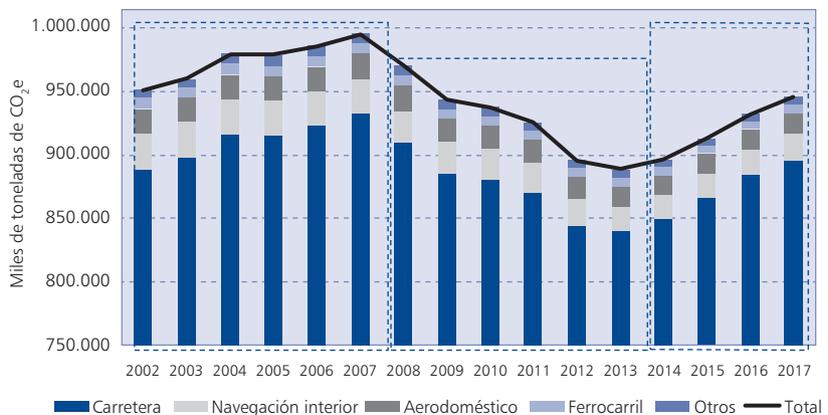
Por otra parte, comprobamos que, tras la crisis económica, el crecimiento se ha debido, sobre todo, al modo carretera, quizá más ágil para el crecimiento de la demanda, marcando la tendencia de la evolución del sector.

Se puede concluir, por tanto, que el sector del transporte claramente no está en la senda establecida en el *Libro Blanco del Transporte de 2011*: reducir el peso porcentual de la carretera, transfiriendo demanda a otros modos, y descarbonizar el sector transporte, haciéndolo más eficiente energéticamente y aumentando el uso de energías limpias (Comisión Europea, 2011).

2. Emisiones de GEI del transporte en Europa vs. España

Pero analicemos si este análisis, realmente negativo, corresponde o no al caso español. Al contrario de los datos a nivel europeo, en el período 1990-2017

GRÁFICO 2
EMISIONES DE GEI DEL TRANSPORTE EN LA UE-28 DESDE 2002 A 2017 POR MODO

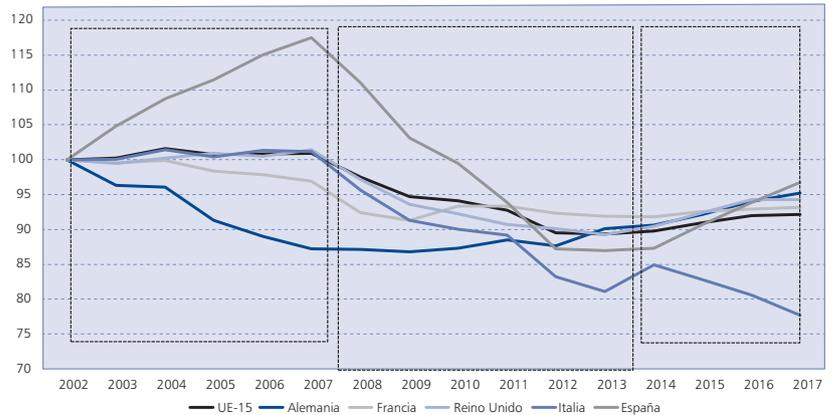


Fuente: EEA (2019).

–reducción de los GEI del 23,5 por 100–, España ha aumentado sus emisiones de GEI globales en un 18 por 100, siendo el sector del transporte uno de los mayores contribuidores de este crecimiento (EEA, 2019).

El cuadro n.º 1 es expresivo por sí mismo y analiza, desde el Protocolo de Kioto, el crecimiento de las emisiones de GEI del transporte en España y en el conjunto de los países europeos. Desde Kioto hasta la actualidad, España ha aumentado en más del 50 por 100 las emisiones de GEI del transporte, muy por encima de la media de la Unión Europea (UE) de los 15 o los 28 con un 12 por 100 y 19 por 100, respectivamente. Se comprueba como España sufre unas fluctuaciones más acusadas en determinados períodos, siendo el de mayor crecimiento la etapa pos-Kioto con un crecimiento del 56 por 100. En el período de la crisis económica impacta más la reducción de emisiones en España con respecto a la media europea. Sin embargo, en la poscrisis económica vuelve a crecer a mayor ritmo que el resto de Europa. El resultado es que el transporte en España continúa aumentando las emisiones de GEI y es necesario tomar medidas para su reducción.

GRÁFICO 3
EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES GEI DEL TRANSPORTE EN LA UE-15, ALEMANIA, FRANCIA, REINO UNIDO, ITALIA Y ESPAÑA DESDE 2002 A 2017 (En porcentaje)



Fuente: EEA (2019).

El gráfico 3 nos permite analizar más detalladamente la evolución en España en comparación con los países de nuestro entorno y el conjunto de los países más desarrollados industrialmente de la Unión Europea (EU-15). Se puede ver que todos los países han acusado las fluctuaciones debidas a la crisis económica, dentro de una tendencia decreciente generalizada. Todos, salvo Italia, cuya situación económica sigue siendo inestable, han experimentado un repunte de las emisiones con la superación de la crisis económica. Sin embargo, la curva correspondiente a España

es llamativamente la de mayor pendiente; es decir, la más sensible al entorno económico. Tuvo un crecimiento muy acelerado al principio (2002-2007), para caer más rápida y profundamente con la crisis (2007-2013), y ahora repunta más rápida y peligrosamente que el resto de los países analizados y de la EU-15 en su conjunto. Esto pone de manifiesto que el sector del transporte dista mucho de haber avanzado de modo efectivo hacia su descarbonización, por lo que continúa siendo muy sensible a las fluctuaciones de la actividad económica.

La emisión de GEI del transporte en España está muy ligada a la actividad económica, y ha de asumir el desafío de la eficiencia: crecer en lo económico y al tiempo bajar en emisiones de GEI.

3. ¿Se está desacoplando la demanda del crecimiento económico?

No se puede basar la reducción de GEI en la disminución de

CUADRO N.º 1

EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI DEL TRANSPORTE EN ESPAÑA Y EUROPA (En porcentaje)

PERÍODO		UE-28	UE-15	ESPAÑA
1990-2002	Pos-Kioto	+19,9	+21,2	+56,4
2002-2007	Acelerado crecimiento	+4,6	+0,9	+17,5
2007-2013	Crisis económica	-10,7	-11,5	-26,0
2013-2017	Poscrisis	+6,4	+3,2	+11,2
1990-2017	Todo	+19,3	+11,7	+51,4

Fuente: EEA (2019).

la actividad económica. Eso sería condenar al país a la pobreza estructural. De hecho, toda expectativa de mejora económica está ligada al aumento del movimiento de mercancías. La mejora de la calidad de vida, por su parte, va también asociada a la posibilidad de moverse más, no solo para la movilidad obligada (trabajo, estudios), sino por otros motivos menos fijos: ocio, compras, visitas, deporte, etc. Por tanto, más calidad de vida combinado con mayor nivel económico conlleva el aumento de viajes de personas y a distancias mayores.

De hecho, las expectativas de crecimiento, tanto de personas como de mercancías, son claramente al alza, como se puede observar en el gráfico 4, que muestra el escenario tendencial en el conjunto de la UE. En viajeros, el mayor crecimiento se espera en los viajes en auto-

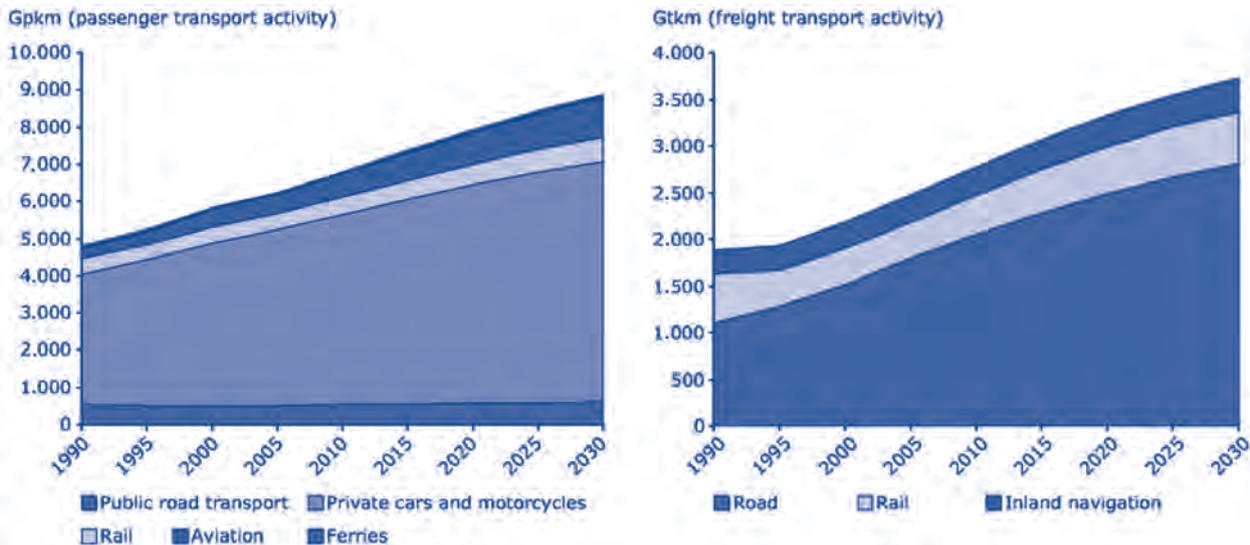
móvil y en el transporte aéreo, con crecimientos superiores al 50 por 100. Son los dos sectores más liberalizados y por tanto con menor nivel de regulación. Claramente, en la UE la asignatura pendiente con los viajeros es lograr que los modos públicos, tanto ferroviarios como por carretera (autobuses y autocares), estén en condiciones de absorber cuotas de mercado significativas, reduciendo las cuotas del automóvil y del avión, sobre todo en las medias distancias donde pueden significar la opción más eficiente y competitiva.

En el ámbito del transporte de mercancías la situación es más simple, pero aún más preocupante. Por un lado la tendencia es que la demanda va a duplicarse en 2030 con respecto a 1990, lo que supone un crecimiento sin precedentes, sin

duda impulsado por la globalización y la progresiva extensión del mercado interior en la UE. Los únicos actores globales son la carretera y el ferrocarril, pero la liberalización de este no acaba de llegar y, por tanto, sus opciones para competir con el modo dominante que es la carretera siguen siendo muy limitadas. Y nuestro país se encuentra en las posiciones menos competitivas y liberalizadas en el contexto de la UE.

La verdadera alternativa es lograr una actividad económica bien estructurada, de forma que se pueda producir un crecimiento económico con menor movimiento de personas y mercancías; es lo que se llama desacoplar la demanda de transportes y la economía (*decoupling demand*). Si lo que se mueve tiene alto valor añadido, el porcentaje de crecimiento economi-

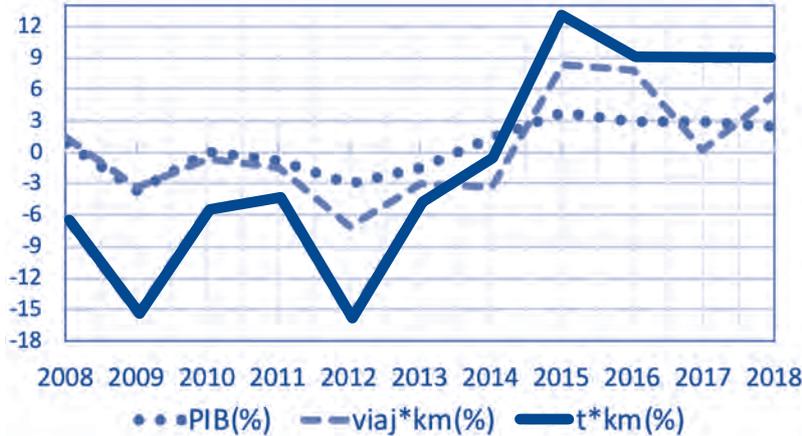
GRÁFICO 4
EVOLUCIÓN Y TENDENCIA DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE DE VIAJEROS Y MERCANCÍAS EN LA UE-25



La Unión Europea se ha comprometido a reducir las emisiones de GEI del transporte en un 25 por 100 para 2030 y el 75 por 100 para 2050. Sin embargo, los escenarios tendenciales de la demanda de transporte, tanto de viajeros como de mercancías, indican que lejos de reducirse, la demanda seguirá creciendo en más de un 30 por 100. Es una emergencia climática que exige un cambio del modelo de transporte.

Fuente: EEA (2012).

GRÁFICO 5
EVOLUCIÓN DEL PIB Y LA DEMANDA DE VIAJEROS Y MERCANCÍAS EN ESPAÑA, 2008-2018
 (En porcentaje)

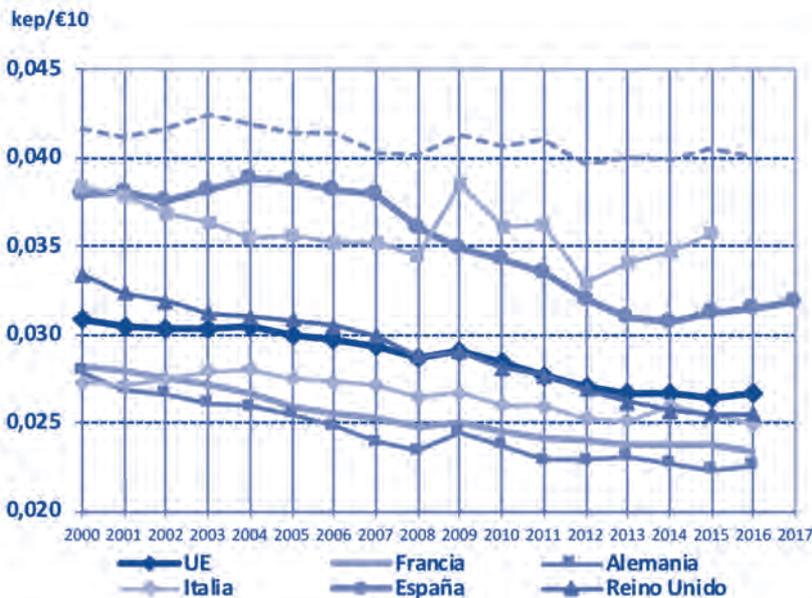


Fuente: Elaboración propia con datos del INE y el OTLE.

co será mayor que el del aumento de la demanda.

Sin embargo, lamentablemente, la situación en España es justo la contraria, para conseguir crecimientos económicos necesitamos mover en mayor proporción a las personas, y en mucha mayor medida las mercancías. El gráfico 5 pone claramente de manifiesto esta debilidad estructural de la economía de nuestro país. No se produce crecimiento económico sin aumentos superiores de viajeros y mucho mayores los de mercancías. Esta situación es solo positiva ambientalmente en los períodos de crisis, pues la demanda baja aún más que la economía, pero es triste que reducir emisiones suponga un escenario de pobreza económica. Se habla de potenciar la economía baja en carbono, pero la realidad española es, por ahora, muy diferente.

GRÁFICO 6
COMPARACIÓN DE LA INTENSIDAD ENERGÉTICA EN EL SECTOR DEL TRANSPORTE 2000-2017 EN ESPAÑA Y LA UE



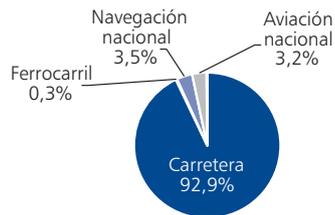
Fuente: IDAE.

El análisis comparativo de nuestra intensidad energética (consumo energético por unidad económica producida) muestra que nuestra economía es mucho menos eficiente que otras de nuestro entorno, aunque hay una tendencia a mejorar, como se puede comprobar en el gráfico 6.

4. Contribución de cada modo de transporte

Como hemos visto anteriormente, el transporte por carretera es el que más contribuye a las emisiones de GEI totales del sector debido a que es el tipo de transporte más utilizado tanto para transportar viajeros como mercancías. A continuación se encuentran la aviación y la navegación y, en último lugar, el ferrocarril. En el caso de España, el 93 por 100 de las emisiones de GEI

GRÁFICO 7
EMISIONES DE GEI DEL
TRANSPORTE EN ESPAÑA POR
MODO DE TRANSPORTE
EN 2017



Fuente: EEA (2019).

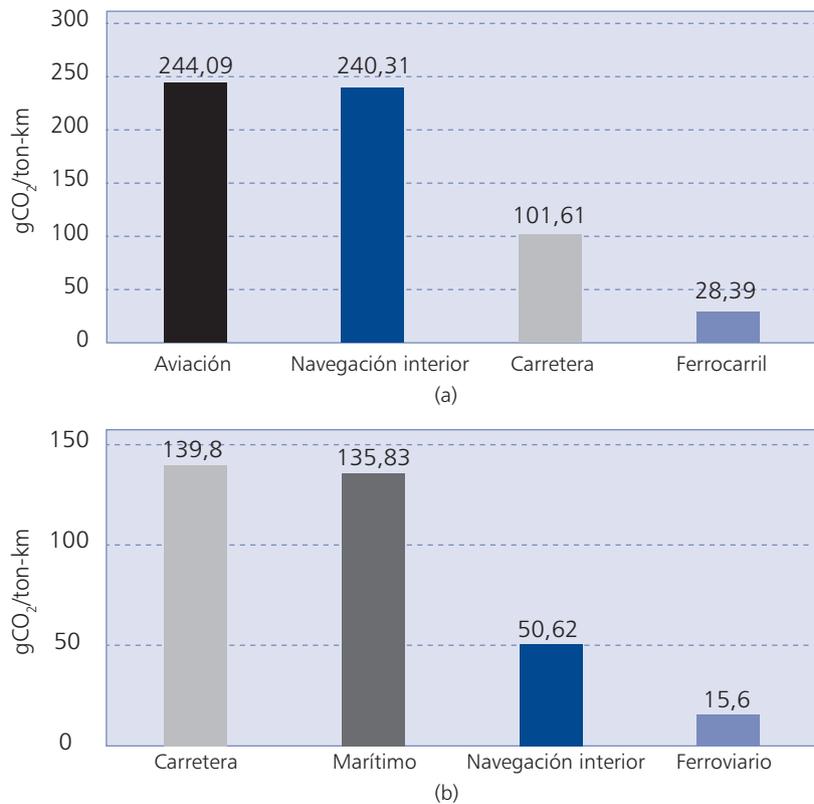
en 2017 fueron debidas al transporte por carretera (gráfico 7). Por tanto, si hay que tomar medidas en algún sector ese es, sin duda, el de carreteras. Distintas políticas son necesarias, tanto para el transporte de viajeros como mercancías, y para cada uno de los segmentos de demanda.

Pero lo que resulta más relevante para diseñar políticas de transporte es conocer cuál es el modo más eficiente energéticamente; en otras palabras, analizar las emisiones unitarias, por unidad de transporte de viajeros (pasajero/km) y de mercancías (tonelada/km). El gráfico 8 es claramente expresivo en este punto.

II. POLÍTICAS Y ACCIONES DE MITIGACIÓN EN TRANSPORTES

España, en las últimas décadas, ha implementado diferentes planes de acción y estrategias de cambio climático y energía limpia que se han complementado con planes de calidad del aire, estrategias y planes de eficiencia energética. En estos planes, el sector del transporte ha ido adquiriendo más peso, tanto en

GRÁFICO 8
EMISIONES UNITARIAS POR MODO DE TRANSPORTE EN LA UNIÓN EUROPEA (2014)



Emisiones de CO₂ por pasajero-km (a) y tonelada-km (b) y por modo de transporte.

Fuente: EEA (2017a, b).

Se observa cómo en el transporte de pasajeros, la aviación y navegación interior son los modos menos eficientes, alcanzando los 244 g CO₂/pas-km en el transporte aéreo. Para el caso del transporte de mercancías, el transporte por carretera es el que tiene emisiones unitarias más altas con 135,8 g CO₂/ton-km. Destaca el transporte ferroviario cuyas emisiones unitarias, tanto en viajeros como en mercancías, son casi la décima parte de los modos de mayor emisión, en cada caso. Por tanto, el transporte por ferrocarril es el más sostenible, y de menos emisiones de GEI; cualquier acción para mejorar su cuota de demanda será una clara apuesta por la sostenibilidad.

el número de acciones como en los objetivos de reducción de emisiones.

Así, en la *Estrategia Española de Eficiencia Energética 2004-2012 (E4)* (IDAE, 2003), se fijó un escenario denominado «eficiente», que suponía reducciones importantes sobre el tendencial, estableciéndose, para ello, tres medidas de mitigación en el sector del transporte:

1. Cambio modal hacia los modos más eficientes, planteando como herramienta los planes de movilidad en ciudades y empresas.
2. Conducción eficiente; optimización logística de mercancías así como potenciar el uso compartido de los vehículos.
3. Flota más eficiente y nuevos combustibles, con ayu-

das para la modernización del parque.

Estas medidas supusieron un gran paso adelante, por varias razones. Por un lado, se superó la política anterior que confiaba toda mejora a la tecnología (grupo 3), introduciendo el cambio de hábitos y comportamientos de movilidad: elección de modo (grupo 1) y uso más eficiente de los vehículos, tanto de personas como de mercancías (grupo 2).

El subsiguiente Plan de Acción 2011-2020 de la E4 continúa con las acciones anteriores, pero pone cada vez más el énfasis en el cambio del modelo de movilidad. Hay tres acciones a las que se asigna un objetivo de reducción de emisiones superior al 20 por 100, que son el transvase modal de demanda de la carretera al ferrocarril, la gestión del tráfico y las infraestructuras, y la renovación de flotas. Otros dos grupos de medidas complementan las anteriores, con objetivos de reducción superiores al 10 por 100: los PMUS (planes de movilidad urbana sostenibles), junto con los PTT (planes de transporte al trabajo), y la generalización del *eco-driving*, tanto para vehículos pesados como para automóviles.

La aprobación de la Directiva 2012/27/UE, exigiendo a los países miembros presentar planes trienales, llevó a la aprobación del Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2014-2020, y a su actualización posterior para el período 2017-2020, orientado a los compromisos comunitarios para el año horizonte 2030.

Lo que tienen en común la mayor parte de estas medidas es su focalización en el modo dominante y que concentra el

90 por 100 de las emisiones de GEI del sector: el transporte por carretera. Cualquier mejora en ese ámbito tiene impactos importantes, por su elevada cuota de demanda, tanto en viajeros como en mercancías.

Entre las medidas adoptadas por diversos departamentos del Gobierno español cabe señalar algunas de claro impacto sobre el sector transportes, y también sobre la eficiencia energética.

1. Límites de velocidad: reducción de accidentes y eficiencia energética

Durante la crisis del petróleo de los años setenta y ochenta, una de las medidas para reducir la dependencia exterior y el coste de las importaciones fue poner un límite de velocidad en las carreteras de alta capacidad, reduciéndola, en su mayor parte, a 120 km/hora. Esta medida, adoptada inicialmente para reducir la factura del petróleo, se demostró muy eficaz en la reducción de accidentes, cuando la seguridad vial pasó ser el objetivo prioritario. Por tanto, hay una sinergia entre ambos objetivos, por lo que el control del tráfico y su velocidad ha sido probablemente la medida más efectiva para reducir el consumo. Cuando, después de Kioto, la eficiencia energética volvió a ser prioridad, el límite de velocidad regresó a ser un objetivo compartido –energía y seguridad vial–, tanto en la red principal como en la de segundo nivel. Se llegó incluso, en 2011, a reducir aún más la velocidad, a 110 km/hora. Fue una decisión rápida, tomada, principalmente por motivos económicos, ante la subida del barril del petróleo,

y quizá no suficientemente estudiada, que fue revocada por el Gobierno subsiguiente. En el mismo paquete se aplicaron reducciones del 5 por 100 en las tarifas ferroviarias, entre otras medidas para evitar impactos sobre la demanda global.

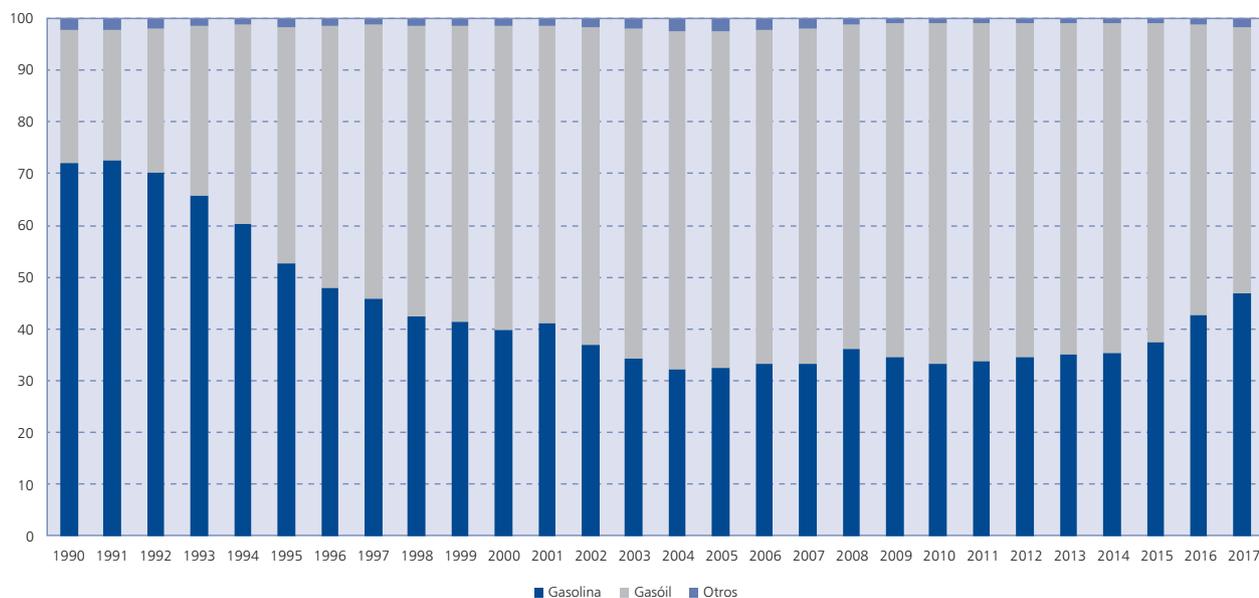
Más recientemente, en enero de 2019, se redujo la velocidad límite en los 11.000 km de carreteras convencionales, de 100 a 90 km/h, igualando el límite de coches, motos y autobuses. El motivo fue luchar contra el repunte de accidentes en estas vías, pero tiene un efecto asociado a la reducción del consumo.

Estamos, por tanto, ante medidas sinérgicas, pues son beneficiosas tanto para la seguridad vial como para los objetivos de reducción de emisiones de GEI.

2. La ilógica dicotomía diésel versus gasolina

Otra acción de doble efecto son los cambios en la proporción de la flota de vehículos ligeros, entre motores diésel y de gasolina. La penetración de vehículos diésel para la movilidad privada desde 1990 fue impulsada por diferentes planes de incentivación del Gobierno, para reducir consumos, ayudando a combatir el cambio climático (los llamados planes PIVE de subvenciones para la compra de vehículos eficientes). El efecto fue la «dieselización» del parque de vehículos, tal como se puede apreciar en el gráfico 9. Los vehículos ligeros diésel que suponían en 1990 el 20 por 100 de la flota, aumentaron hasta llegar al 62 por 100 en 2007, reduciéndose a partir de 2015 con las medidas del Gobierno, igualando los precios de ambos, y las restricciones de

GRÁFICO 9
DISTRIBUCIÓN DEL PARQUE DE VEHÍCULOS EN ESPAÑA POR TIPO DE COMBUSTIBLE
(En porcentaje)



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGT (2019).

algunos ayuntamientos, por lo que situación actual es que los ligeros de gasolina vuelven a superar a la flota diésel.

La penetración de turismos diésel en España ha supuesto el ahorro de energía y de emisiones; así, en 1990 el factor de emisión de un turismo diésel era de 187 g de CO₂/km y en 2008 se redujo hasta 177 g de CO₂/km. En el caso de los turismos de gasolina la evolución fue de 201 g CO₂/km en 1990 y 187 g CO₂/km en 2008 (Mendiluce y Schipper, 2011). Por tanto, las emisiones unitarias de GEI son mayores en la flota de gasolina, lo que supone una medida antimitigación. Con el aumento de los recorridos, debido al aumento de movilidad y a la dispersión urbana, se ha producido un incremento del uso del vehículo privado, causando un efecto

indirecto de crecimiento de los GEI (Mendiluce y Del Río, 2010).

Durante la crisis económica, la proporción de vehículos diésel del parque español se ha mantenido estable hasta 2014, lo que ha permitido una mejora de la eficiencia energética y la eficiencia de los combustibles, reduciendo los GEI (Sobrinó y Monzón, 2014). A partir de 2016, el gráfico 9 muestra un aumento de la proporción de vehículos ligeros de gasolina, que coincide con la puesta en marcha del etiquetado de los vehículos de la Dirección General de Tráfico (DGT) en función de su impacto ambiental (BOE, 2016), lo que induce un aumento de los GEI, aunque puede ser beneficioso para la calidad del aire en zonas urbanas, o donde

hay población cercana a las carreteras. Se debe buscar, por tanto, el doble objetivo *clean and green* en las políticas de movilidad (Pérez-Prada, Monzón y Valdés, 2017).

3. La renovación del parque, una medida *win-win*

Otra línea de acción es modernizar el parque, ya que los vehículos que hay en el mercado son cada vez más eficientes –en consumos y emisiones– y también más seguros. A este objetivo se orientan las ayudas para la renovación de flotas, ya mencionadas del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), pero aún más eficaces con las acciones coercitivas: pago o restricción de acceso o aparcamiento. En este sentido, se ha dado un gran

Etiquetado de vehículos de carretera: reducción de contaminantes y aumento de los GEI

La categorización de los vehículos realizada por la DGT tiene su origen en el *Plan Nacional de Calidad del Aire y Protección de la Atmósfera 2013-2016 y 2017-2019* –Plan AIRE I y II, respectivamente– (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2013) en el que se afirma que, tanto las partículas, como el dióxido de nitrógeno del tráfico rodado son la principal fuente de emisión de contaminantes en las ciudades, mermando la calidad del aire. El distintivo ambiental refleja las emisiones locales de NO_x y partículas de cada vehículo, permitiendo que los municipios lo utilicen como un instrumento para las medidas de restricción del tráfico por alta contaminación, beneficios fiscales, etc.

La introducción del etiquetado, junto con las políticas municipales para mejorar la calidad del aire (véase el ejemplo del *Plan A* en Madrid de calidad del aire) son una causa indirecta del aumento del parque de vehículos de gasolina a partir de 2016. Sin embargo, aunque la renovación del parque hacia la gasolina mejora la calidad del aire respirado en las grandes ciudades, supone un riesgo en la lucha del cambio climático ya que aumenta las emisiones de CO₂ (Serrano *et al.* 2019).

Esto lleva a plantear que *los etiquetados o categorizaciones de la flota* han de considerar la mejora ambiental, que debe incluir tanto el efecto local como el global, es decir, *la contaminación del aire y el cambio climático*.

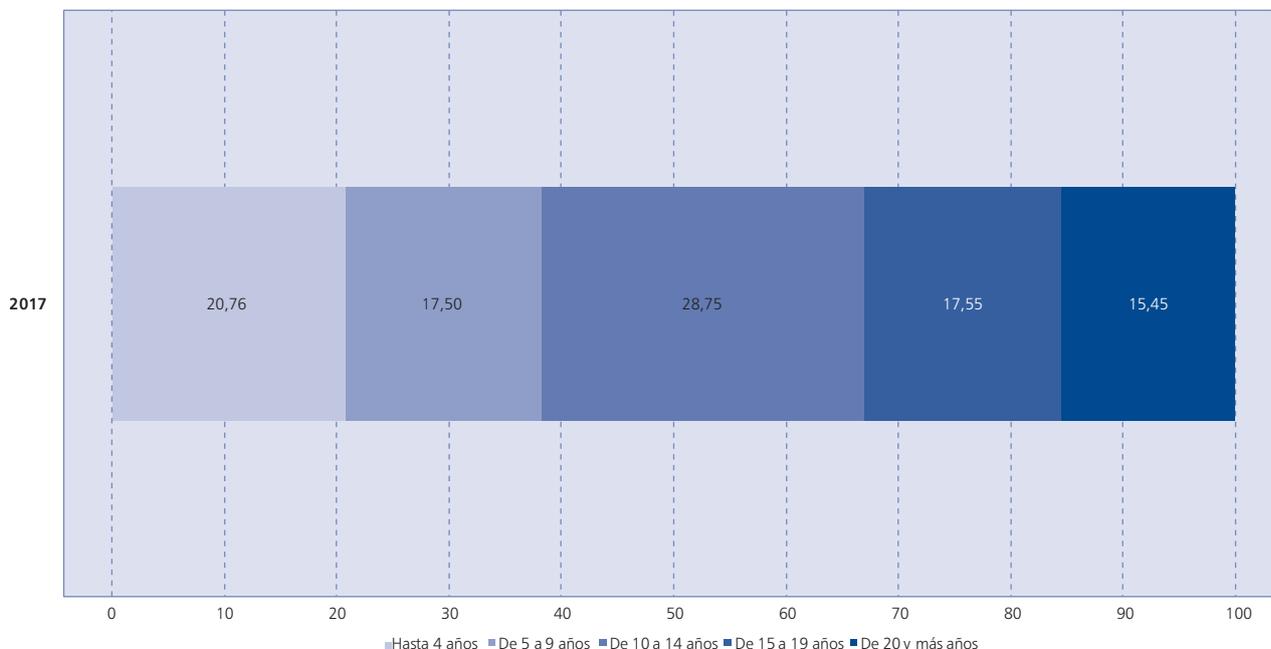
En cuanto a los efectos de la renovación del parque, hay que tener en cuenta el peso de los turismos, que representan el 71 por 100 del parque en España, y son los que más kilómetros recorren en nuestras carreteras. Por tanto, las características referidas a la potencia y antigüedad tienen un efecto directo sobre las emisiones del transporte. Si analizamos la antigüedad del parque de turismos en España se ve claramente que más del 60 por 100 del mismo tiene una antigüedad de más de diez años (gráfico 10). Toda política orientada a renovar el parque tendrá inmediatos efectos sobre la mitigación de los GEI.

paso con el etiquetado de vehículos, que permite, de modo homogéneo, asignar una calificación ambiental a cada tipo de

vehículo y, por ende, impulsar el cambio de los vehículos más antiguos por vehículos nuevos más eficientes.

Por otro lado, la potencia del motor es otra variable clave para el consumo. En el gráfico 11 se representa la distribución del

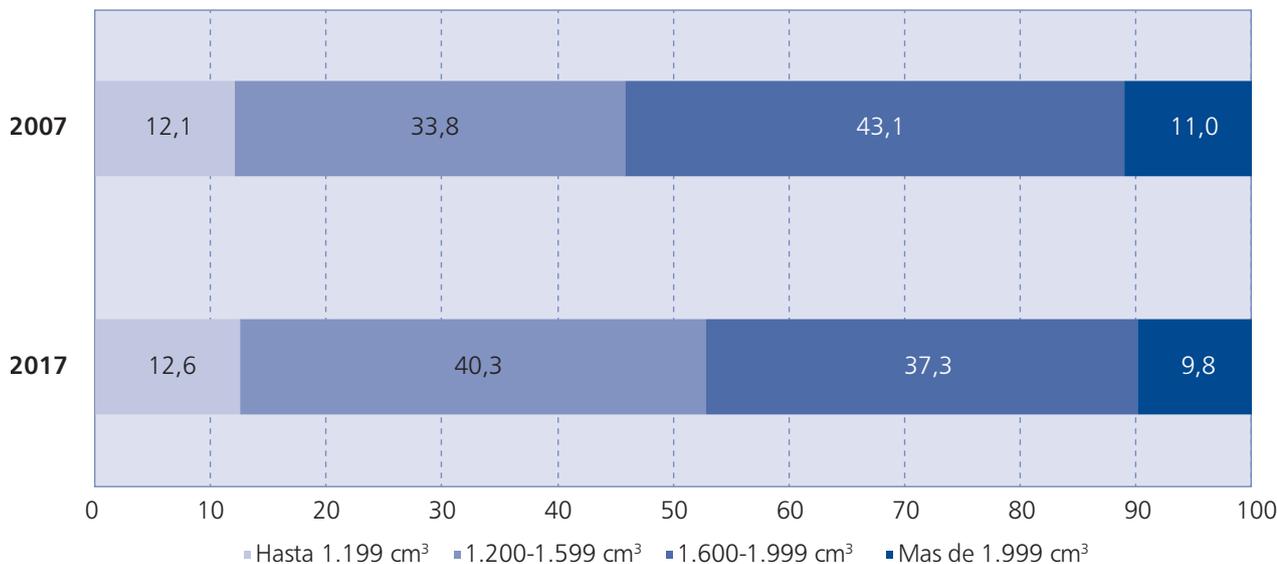
GRÁFICO 10
DISTRIBUCIÓN DEL PARQUE DE TURISMOS EN ESPAÑA SEGÚN ANTIGÜEDAD EN 2017
(En porcentaje)



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGT (2019).

GRÁFICO 11
DISTRIBUCIÓN DEL PARQUE DE TURISMOS SEGÚN MOTOR (CM³)
 (En porcentaje)

Tamaño del motor del parque de turismos en España



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGT (2019).

parque de turismos por cilindrada en 2007 y 2017. Cabe destacar que durante los últimos diez años se ha reducido el parque de vehículos con más de 1.600 cm³, los llamados todoterrenos (en 2007 representaban más del 50 por 100 del parque de turismos y en el 2017 menos del 50 por 100). Esta tendencia ha sido propiciada por el impacto de la crisis económica y el menor poder adquisitivo de la población española. Si bien, dicho impacto se podría haber aprovechado para aumentar los vehículos de pequeño tamaño más eficientes, los de menos de 1.199 cm³, este hecho no ha ocurrido. Lo que se ha producido es un aumento de los turismos con cilindradas entre 1.200 cm³ y 1.599 cm³, constándose un aumento de los llamados «SUV» (vehículo utilitario deportivo) más ineficientes energéticamente que los de pequeño tamaño.

En conclusión, se deben plantear políticas de renovación del parque de turismos de más de diez años, incentivando la compra de vehículos de pequeño tamaño y con combustibles alternativos al diésel o gasolina.

III. ACCIONES FOCALIZADAS EN EL TRANSPORTE POR CARRETERA

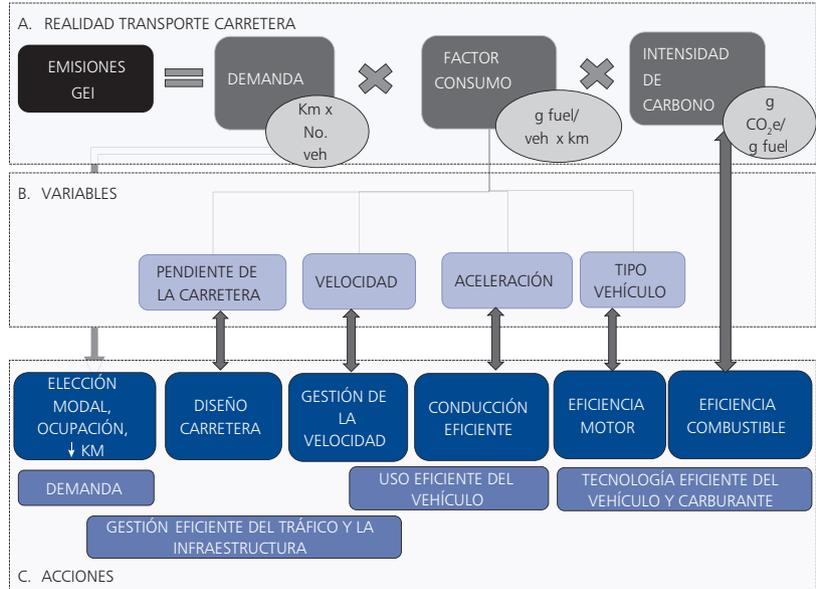
Ya se ha señalado que la carretera es el principal modo responsable de los GEI (93 por 100) por lo que es prioritario intensificar acciones para mitigar el cambio climático en el transporte por carretera. Antes de pasar a enumerar las diferentes acciones, se deben identificar cuáles son las principales variables que condicionan las emisiones de GEI. En el gráfico 12 se resumen de forma esquemática tres líneas de concepto (A, B, C), que repre-

sentan respectivamente: cómo se producen las emisiones, sus principales variables y las acciones sobre las que hay que apoyarse para reducir esos impactos globales al cambio climático, y que se presentan en la tesis de Sobrino (2015).

La producción de las emisiones de GEI (A) dependen, de derecha a izquierda:

1. de la demanda, es decir del número de total de los kilómetros recorridos por los vehículos de motor. En este caso se podrían proponer acciones para reducir la demanda.
2. Del factor de consumo, que mide el consumo medio unitario (por km recorrido), que depende de la velocidad, las aceleraciones, la pendiente de la carretera y del tipo de vehículo.

GRÁFICO 12
VARIABLES EXPLICATIVAS DE LAS EMISIONES GEI DEL TRANSPORTE
POR CARRETERA Y ACCIONES PARA SU MITIGACIÓN



Fuente: Sobrino (2015).

3. De la intensidad en carbono del carburante; es decir, del CO₂ emitido por unidad de consumo, que dependerá de la calidad del combustible.

El diseño eficiente de políticas y acciones (parte C) permitirán reducir la influencia de las variables (parte B) para llegar a reducir los factores explicativos de las emisiones de GEI (parte A). Analicemos algunas de ellas.

1. Transferencia de demanda a modos más eficientes

La medida más efectiva para mejorar la eficiencia energética es transferir la demanda a los modos más eficientes (cfr. gráfico 8). Supondría de hecho, ser coherentes con la política

de reducción de externalidades, traspasando el peso del transporte a los modos con menos

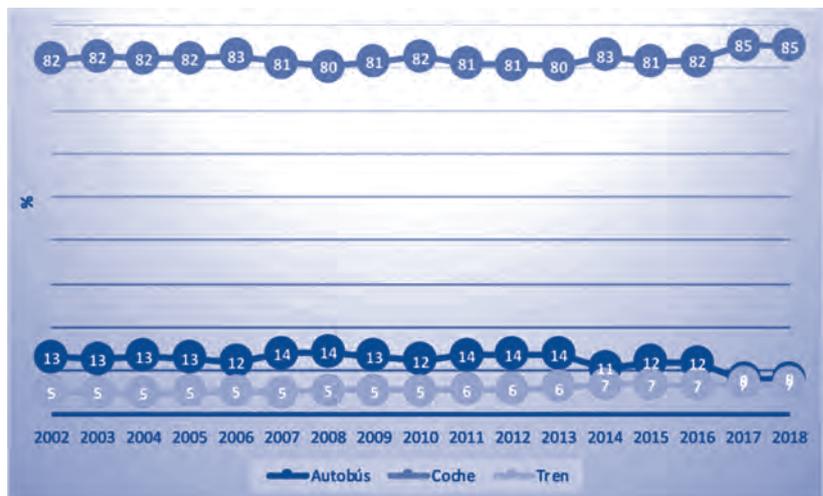
emisiones de contaminantes, ruido, accidentes, y también emisiones de GEI.

Sin embargo, en lo que se refiere a los viajeros, como se puede apreciar en el gráfico 13, en nuestro país el crecimiento de la demanda de ferrocarril es muy lenta, y más bien a costa del autobús y no del automóvil, que es el modo más eficiente.

Y en mercancías, la situación es aún peor, donde el ferrocarril –única alternativa a la carretera– todavía no ha recuperado la reducción de toneladas/km transportadas durante los años de la crisis económica.

Las medidas indirectas para, mediante el sistema de precios, hacer más atractivos los modos con menos externalidades, no ha sido puesta en marcha. Más bien al contrario, los peajes de carretera están siendo suprimidos por el actual Gobierno, lo que no favorece el deseado tras-

GRÁFICO 13
EVOLUCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE VIAJEROS DE MEDIA-LARGA
DISTANCIA, 2002-2018
(Viajeros/km)



Fuente: OTLE.

vase de viajeros y mercancías al ferrocarril.

2. Uso eficiente del vehículo

Otro grupo de medidas pasa por mejorar la eficiencia del uso del vehículo, controlando la velocidad, poniendo límites variables según el nivel de congestión de la vía, conducción con pautas de *eco-driving* y control de flujos del conjunto de vehículos en la vía, para maximizar la eficiencia energética. Todo ello puede producir, como se puede ver en el cuadro n.º 2 que recoge resultados del proyecto europeo ICT-Emissions (1), un ahorro significativo del consumo, y también ser beneficioso reduciendo la congestión y el tiempo de viaje, en el conjunto de los usuarios.

Las técnicas de *eco-driving* resultan las más eficientes en cuanto al ahorro de combustible, la reducción de emisiones, y además, suponen una reducción del tiempo de viaje en vías de alta capacidad, mientras que en la calles de un solo carril alargan el tiempo de recorrido. Las medidas de control de la velocidad son efectivas si se diseñan de acuerdo con el flujo vehicular de cada tramo, aunque se trate de simples recomendaciones: velocidad recomendada variable.

Por último, las medidas de tipo *cruise-control*, fijan la velocidad óptima, manteniendo las distancias con el vehículo precedente, según la variabilidad del tráfico, según el tipo de vía y el nivel de congestión. En el futuro, esta medida vendrá asociada a los sistemas de ayuda a la conducción (*ADAS*, por sus siglas en inglés). Podemos afirmar que los problemas complejos requieren de soluciones complejas, donde se conjuguen todas las posibilidades para mejorar la eficiencia. Estas soluciones deben considerar de modo integrado el comportamiento del conductor, la gestión del tráfico de la vía y los sistemas de comunicación e información *ICT* (por sus siglas en inglés), que actuarán como catalizador del resto, en una visión sistémica de la vía, como señalan en su trabajo *Lois et al.* (2019).

3. Tecnología eficiente del vehículo y el carburante

En las dos últimas décadas hemos asistido a la mejora del rendimiento de los motores, a la reducción del peso y diseño más aerodinámico de los vehículos, al empleo de motores híbridos o eléctricos, que han dado como resultado una reducción del consumo medio de los vehículos y las emisiones de

GEI. Todo ello mediante diferentes acuerdos adoptados por los fabricantes de vehículos (por ejemplo, los acuerdos ACEA de los fabricantes de vehículos europeos). Por otro lado, se ha producido una mejora de la calidad de los combustibles (por ejemplo, los programas *Auto-Oil* en Europa), y la aparición de biocombustibles u otras fuentes energéticas como la electricidad o la pila de hidrógeno.

Desde la Administración Pública se debe seguir impulsando medidas para que los fabricantes de vehículos y combustibles continúen trabajando en la mejora de la eficiencia de sus productos. Por otro lado, la Administración Pública debe incentivar al usuario la compra de vehículos con combustibles alternativos más eficientes, vehículo de menor potencia, así como planes de renovación de los vehículos de más de diez años. Por último, para incentivar la compra de vehículos mejorados en relación con el medio ambiente, se deben aplicar tasas fiscales que también tengan en cuenta el etiquetado ambiental del vehículo desde el punto de vista local, pero también global y no solo la potencia de su motor.

4. Gestión eficiente del tráfico y la infraestructura

Otro de los puntos clave en la reducción de los impactos en el cambio climático del transporte por carretera es el fomento de estrategias de gestión eficiente del tráfico y la infraestructura, haciendo uso de las tecnologías de la información y la comunicación.

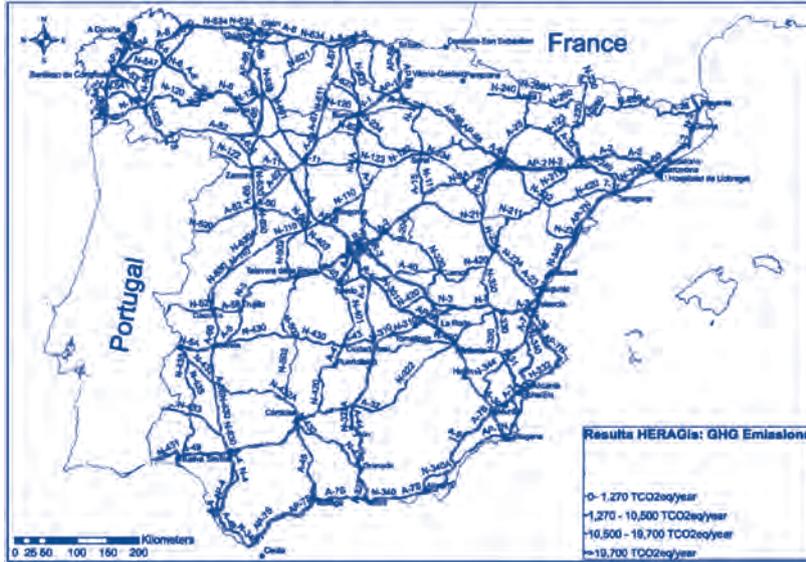
Los factores clave que más influyen en las emisiones de GEI del tráfico por carretera son las

CUADRO N.º 2

AHORRO DE CONSUMO Y TIEMPO APLICANDO DIFERENTES MEDIDAS DE CONDUCCIÓN (En porcentaje)

MEDIDA ICT (INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN)	AHORRO CONSUMO	AHORRO TIEMPO
Control de velocidad por tramos	3,78	3,26
Límite variable de velocidad según nivel de congestión	3,01	6,94
<i>Eco-driving</i> en vía de alta capacidad	8,85	5,17
<i>Eco-driving</i> en tramo urbano	9,10	1,85
<i>Cruise Control</i>	1,47	1,25

MAPA 1
EMISIONES DE GEI EN LA RED DE CARRETERAS DEL ESTADO (2012)



Corredores prioritarios para la aplicación de estrategias de reducción de emisiones de GEI

Una estrategia baja en carbono para el tráfico de carreteras, precisa, en primer lugar, metodologías para clasificar y priorizar aquellos tramos o corredores de la red menos eficientes y de mayores emisiones de GEI. Un ejemplo es la herramienta HERA «Huella Energética de Operación de Autopistas» (Sobrino, Monzón y Hernández, 2014). Su aplicación a la Red de Carreteras del Estado, permitió identificar los siete corredores menos eficientes, prioritarios para reducir sus emisiones (Sobrino y Monzón, 2018). Estos tramos suponen el 25 por 100 de la red, pero son responsables del 51 por 100 de las emisiones de GEI. El conocimiento detallado permite aplicar estrategias de gestión del tráfico, como la reducción de la velocidad en los turismos; una reducción de 10 km/h en los turismos en el corredor del Mediterráneo supondría reducir un 3,5 por 100 las emisiones. Otra estrategia identificada sería diseñar itinerarios eficientes para camiones, evitando los de más pendiente.

En azul oscuro los tramos que más GEI emiten.
Fuente: Sobrino y Monzón (2018).

vea obligado a parar (Hernández, Monzón y Sobrino, 2013).

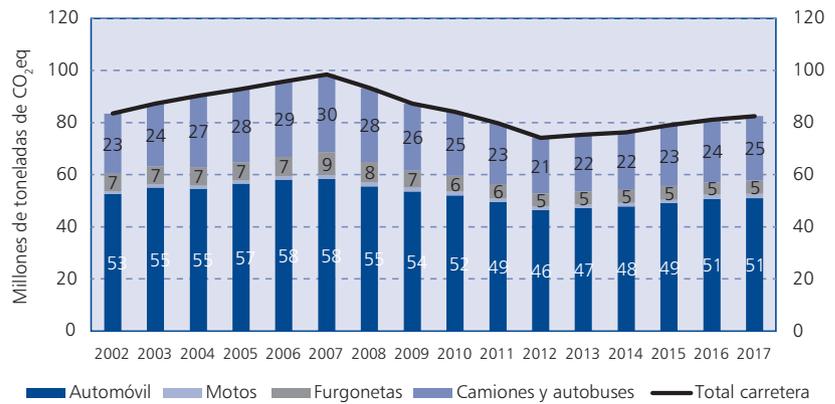
5. Viajeros vs. mercancías

En el transporte por carretera, los turismos son los que más contribuyen a las emisiones de GEI, seguido de los camiones, autobuses y furgonetas. En el gráfico 14 se representa la evolución de las emisiones de GEI del transporte por carretera en España de 2002 a 2017 por tipo de vehículo. Se observan los tres períodos con tendencias opuestas. Desde 2002 a 2007 se observa un aumento del 18 por 100 de emisiones de GEI ligado, sobre todo, a vehículos de mercancías –camiones y furgonetas–. De 2007 a 2013 se observa un descenso de las emisiones en un 23,4 por 100 con respecto a 2007. Y de 2013 a 2017 se observa un aumento del 9 por 100 con respecto a 2013.

Por otro lado, si tenemos en cuenta el factor de emisión de GEI por pasajero y kilómetro recorrido en cada modalidad del transporte por carretera, se obtiene que, en España y para el año 2006, los turismos y motocicletas son los que tienen un factor de emisión más

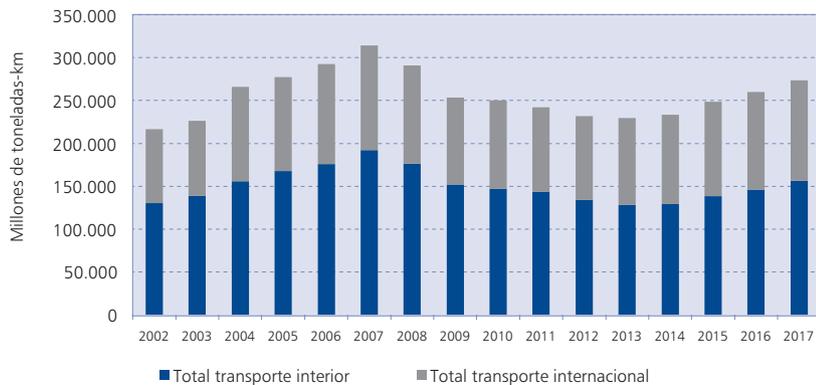
pendientes pronunciadas, el tráfico de vehículos pesados, las altas velocidades, y las bajas velocidades cuando se está en congestión (Sobrino y Monzón, 2018). Para ello se propone mejorar la eficiencia del tráfico de la carretera mediante estrategias de gestión del mismo desde el punto de vista energético y ambiental: gestión de la velocidad, gestión del tráfico de vehículos pesados, y estrategias en la planificación y diseño de la carretera que mejoren la traza de la carretera para reducir las pendientes o gestión de áreas de peaje eliminando barreras de tal forma que el vehículo no se

GRÁFICO 14
EMISIONES DE GEI DEL TRANSPORTE POR CARRETERA EN ESPAÑA DE 2002 A 2017



Fuente: Eurostat (2019).

GRÁFICO 15
DEMANDA DEL TRANSPORTE DE MERCANCÍAS POR CARRETERA EN ESPAÑA
(Toneladas-km)



Fuente: OTLE (2019a).

alto, alrededor de 140 gramos de CO₂ por pasajero y kilómetro recorrido en un entorno urbano, frente a los 40 g CO₂/pasajero-km y 25 g CO₂/pasajero-km del autobús interurbano y del tren respectivamente (Sobrino y Monzón, 2013).

En conclusión, las acciones urgentes en la carretera para reducir las emisiones de GEI deben ir encaminadas hacia el vehículo privado en el transporte de viajeros, y a los camiones y furgonetas en el transporte de mercancías, todo con el objetivo de conseguir un transporte de carretera bajo en carbono.

La evolución del transporte de mercancías por carretera está significativamente ligada al desarrollo económico. En el gráfico 15 se observa cómo la demanda de transporte de mercancías por carretera está creciendo en los últimos años, después de la recesión económica, aunque aún dista de la alcanzada anteriormente. Por lo que, tal como se ha apuntado antes, deben tomarse medidas para que el crecimiento que se espera si evoluciona positivamente la economía, no vuelva a la carretera,

sino que se produzca el necesario desacoplamiento entre la economía y la demanda de transporte de mercancías por carretera, y por ende de las emisiones de GEI.

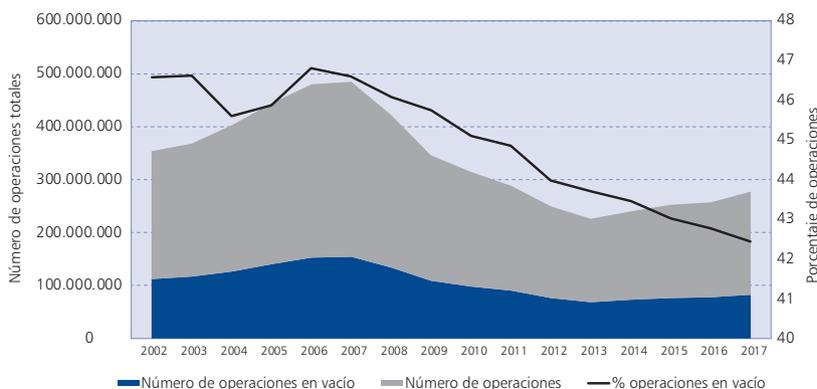
6. Eficiencia logística del transporte de mercancías por carretera

Otro elemento de gestión de la demanda es reducir los re-

corridos de transporte de mercancías por carretera en vacío. Desde 1992, el Ministerio de Fomento, elabora la *Encuesta permanente de mercancías por carretera (EPMC)* que se actualiza cada año y se publica en un informe anual. La *EPMC* recoge un indicador de operaciones en vacío sobre el transporte de mercancías por carretera en España. Tal como se observa en el gráfico 16, con la llegada de la crisis económica se ha visto reducido el porcentaje de operaciones en vacío con respecto al total en el transporte de mercancías por carretera, pasando del 47 por 100 en 2006 al 42,5 por 100 en 2017. Sin embargo, dicha proporción sigue siendo bastante alta y este factor tiene un alto potencial de mejora.

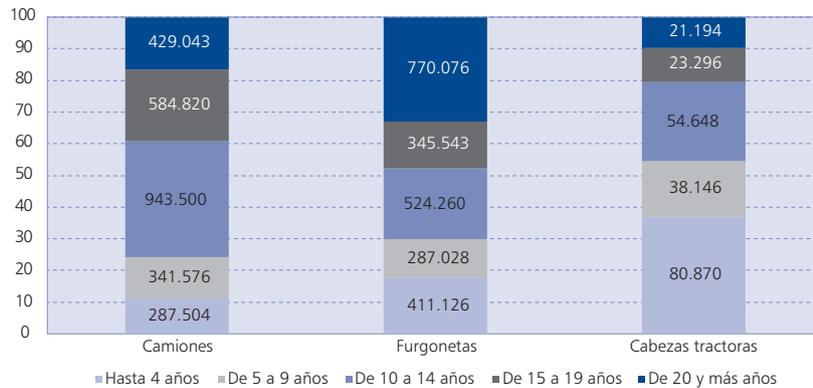
Con respecto al parque de vehículos de transporte de mercancías por carretera, únicamente un 28,1 por 100 tienen una antigüedad menor a diez años (véase gráfico 17). Esta es una de las consecuencias más graves del período de recesión económica, acompañado de la falta de incentivos o legislación que favorezca la renovación de las flotas.

GRÁFICO 16
NÚMERO DE OPERACIONES TOTALES Y EN VACÍO



Fuente: OTLE (2019b).

GRÁFICO 17
ANTIGÜEDAD DEL PARQUE DE VEHÍCULOS DE TRANSPORTE DE
MERCANCÍAS POR CARRETERA (2017)



Fuente: DGT (2019).

Las furgonetas y los camiones son los que tienen mayor porcentaje de vehículos antiguos, con más del 70 por 100 con más de diez años. Por otra parte, es un parque de vehículos de carga esencialmente de tracción diésel (más del 90 por 100 de los vehículos).

Como consecuencia, es necesaria una política de renovación del parque de vehículos de transporte de mercancías y una apuesta por los vehículos de combustibles alternativos, furgonetas híbridas enchufables o eléctricas, y camiones propulsados a gas.

IV. ACCIONES EN EL SECTOR AÉREO, MARÍTIMO Y FERROVIARIO

En las últimas décadas, el transporte aéreo y el marítimo está creciendo rápidamente debido en gran medida a la globalización. Este crecimiento también repercute en el medio ambiente, concretamente en las emisiones. Aunque ocupan

una porción pequeña del global de transporte, no dejan de seguir aumentando anualmente. Por ejemplo, el número de pasajeros en la aviación a nivel mundial se ha triplicado desde 1990 recorriendo distancias más largas, lo que tiene una repercusión directa en el crecimiento de emisiones de GEI. Como se ha visto en la sección primera, el transporte ferroviario es el que menos emisiones unitarias aporta, tanto en viajeros como en mercancías, siendo el modo más sostenible desde el punto de vista ambiental (gráfico 8).

En el sector aéreo, recientemente, se han puesto en marcha algunas acciones para reducir las emisiones de GEI del sector. Un ejemplo a nivel europeo es que desde 2012 las emisiones procedentes de la aviación están incluidas en el régimen de comercio de derechos de emisión de la Unión Europea (EU ETS), aunque no se tienen en cuenta aquellas emisiones de vuelos que salen o llegan de países que no forman parte del área económica europea (EASA,

EEA y Eurocontrol, 2016). Otro ejemplo reciente es la iniciativa CORSIA (Plan de compensación y reducción de carbono para la aviación internacional) puesta en marcha por la OACI (Consejo de la Organización de Aviación Civil Internacional) cuyo objetivo es compensar las emisiones de CO₂ generadas por las actividades de la aviación internacional exigiendo a las aerolíneas emisiones que compren y entreguen «unidades emisión» generadas por proyectos en la aviación (ICAO, 2016).

En el sector marítimo, la Comisión Europea publicó una estrategia en 2013 para mitigar las emisiones marítimas y reducir las emisiones nacionales de GEI (Comisión Europea, 2013) basado en el monitoreo, verificación de emisiones de CO₂ de grandes buques, objetivos de reducción de los GEI y medidas adicionales.

Para reducir las emisiones GEI del sector aéreo y marítimo, las administraciones públicas y organizaciones a nivel internacional de dichos sectores desarrollan una función fundamental en la inversión en investigación, la adopción de normativa a sus productos y la subvención de nuevas tecnologías emergentes. Sin embargo, no será suficiente con, por ejemplo, la mejora de la eficiencia de los carburantes mediante la introducción de materiales más ligeros u otras opciones técnicas, y se deberá actuar sobre la demanda.

Pero el modo más eficiente energéticamente es el ferrocarril, tanto para viajeros como mercancías. Sin embargo, por razones múltiples, que escapan del objetivo de este artículo, no está creciendo al ritmo deseado,

COMODALIDAD, CLAVE EN EL MEDIO PLAZO PARA UN TRANSPORTE

El cambio modal hacia modos o cadenas intermodales más sostenibles pasa por añadir al ferrocarril a la cadena de transporte, combinado con otros modos, en etapas donde resulta menos competitivo. El transporte internacional de pasajeros por ferrocarril dentro de un mismo continente tiene que posicionarse para competir con el sector aéreo. El ferrocarril ya lo hace en rutas nacionales, donde la alta velocidad crece en cuota de mercado. En el caso del transporte de mercancías, la intermodalidad marítima-ferroviaria y carretera-ferrocarril es clave para una reducción de los GEI. Acciones que favorezcan dicha intermodalidad deben ser prioritarias, hasta producir un cambio del modelo de movilidad.

como pretendían las políticas de transporte nacionales y europeas. Se trata, por tanto de ayudar a que se produzcan ese trasvase de demanda, de modo que se produzca un círculo virtuoso: más transporte por ferrocarril abaratará costes y mejorará la oferta, y eso producirá mayor trasvase de viajeros y mercancías, lo que favorecerá ese ciclo ganador a medio-largo plazo.

V. ACCIONES URGENTES PARA MITIGAR EL CAMBIO CLIMÁTICO

De todo lo dicho anteriormente, cabe concluir que el diagnóstico de la eficiencia energética del sector del transporte es claramente negativo. Los esfuerzos no han sido suficientes para producir el cambio tendencial que están logrado otros sectores. Hay un claro desafío que afrontar si se quieren cumplir los acuerdos de reducción de GEI en los horizontes 2030 y, sobre todo, 2050.

Como se resume en el esquema, hay que seguir haciendo un esfuerzo tecnológico en los vehículos y carburantes, en un marco de políticas conjuntas de energía y transporte, que afectan a otros sectores, como la ordenación urbanística, los modos de vida y, sobre todo, el reparto equilibrado de la demanda de transporte.

Para ello hay que gestionar la demanda, no solo la oferta, como se ha hecho mayoritariamente hasta ahora, con múltiples medidas de gestión del espacio y de las formas de movilidad no motorizada. Todo ello supone un cambio de cultura en la movilidad, que ha de involucrar a los ciudadanos para que tomen sus decisiones cotidianas de modo sostenible y eficiente.

Ninguna medida por sí sola tiene el potencial de resolver el problema, por lo que se necesita una integración horizontal del

sector del transporte, que atienda a criterios sistémicos, incluyendo los elementos tecnológicos, la gestión de la demanda, la gobernanza del sistema, y, sobre todo, el cambio de paradigma de movilidad, involucrando a los decisores responsables, las empresas del sector y a todos los ciudadanos, para tomar decisiones de movilidad que cambien el modelo actual.

NOTA

(1) Más información del proyecto ICT-Emissions en www.ict-emissions.eu

BIBLIOGRAFÍA

BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO (2016). Resolución de 13 de abril de 2016, de la Dirección General de Tráfico, por la que se modifica el apartado C.1 del punto primero y los anexos I, II y III de la de 8 de enero de 2016, por la que se establecen medidas especiales de regulación del tráfico durante el año 2016. BOE, Núm. 96, Sec. I, p. 26896. Disponible en: <http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/distintivo-ambiental/BOE-A-2016-3828.pdf>



<p>COMISIÓN EUROPEA (2011). Libro Blanco del Transporte 2011: Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte: por una política de transportes competitiva y sostenible. <i>COM (2011) 144 final</i>. Bruselas: Comisión Europea.</p> <p>— (2013). <i>European ports: an engine for growth</i>. Comisión Europea. Disponible en: https://ec.europa.eu/transport/modes/maritime/infographics_en</p> <p>DGT (2019). <i>Parque de vehículos. Tablas estadísticas</i>. Disponible en: http://www.dgt.es/es/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/parque-vehiculos/tablas-estadisticas/</p> <p>EASA, EEA y Eurocontrol (2016). <i>European aviation environmental report 2016</i>. European Aviation Safety Agency, European Environment Agency and Eurocontrol. Disponible en: https://www.easa.europa.eu/eaer/</p> <p>EEA (2012). <i>Passenger and freight demand projections for the EU-25</i>. Disponible en: https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/passenger-and-freight-demand-projections</p> <p>— (2017a). <i>Specific CO₂ emissions per pas-km and per mode of transport in Europe</i>. Disponible en: https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/specific-co2-emissions-per-passenger-3#tab-chart_1</p> <p>— (2017b). <i>Specific CO₂ emissions per tonne-km and per mode of transport in Europe</i>. Disponible en: https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/specific-co2-emissions-per-tonne-2#tab-chart_1</p> <p>— (2019). Annual European Union greenhouse gas inventory 1990-2017 and inventory report 2019. <i>EEA/PUBL/2019/051</i>. Disponible en: https://www.eea.europa.eu/publications/european-union-greenhouse-gas-inventory-2019</p> <p>EUROSTAT (2019). <i>Greenhouse gas emissions by source sector</i>. Disponible en: http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do</p> <p>HERNÁNDEZ, S., MONZÓN, A. y SOBRINO, N. (2013). Decarbonization of toll plazas: impact assessment of toll collection system management. <i>92th Annual Meeting of the Transportation Research Board</i>, at Washington D.C.</p>	<p>ICAO (2016). Consolidated statement of continuing ICAO policies and practices related to environmental protection – climate change. Resolution A39-2, ICAO 39 Triennial Assembly, International Civil Aviation Organization, Montreal. Disponible en: https://www.icao.int/Meetings/a39/Documents/Resolutions/a39_res_prov_en.pdf</p> <p>IDAE (2003). <i>Estrategia Española de Eficiencia Energética 2004-2012 (E4)</i>. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.</p> <p>IEA (2018). <i>CO₂ emissions from fuel combustion: Overview</i>. IEA Statistics. Disponible en: https://webstore.iea.org/download/direct/1082?fileName=CO2_Emissions_from_Fuel_Combustion_2018_Overview.pdf</p> <p>LOIS, D., WANG, Y., BOGGIO-MARZET, A. y MONZÓN, A. (2019). Multivariate analysis of fuel consumption related to eco-driving: Interaction of driving patterns and external factors. <i>Transportation Research Part D</i> 72 (2019), pp. 232-242. doi: org/10.1016/j.trd.2019.05.001</p> <p>MENDILUCE, M. y DEL RÍO, P. (2010). Energía y transporte. <i>Cuadernos Económicos de ICE</i>, 79, pp. 213-236.</p> <p>MENDILUCE, M. y SCHIPPER, L. (2011). Trends in passenger transport and freight energy use in Spain. <i>Energy Policy</i>, 39(10), pp. 6466-6475. doi: 10.1016/j.enpol.2011.07.048</p> <p>MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE (2013). Plan Nacional de Calidad del Aire y Protección de la Atmósfera 2013-2016, Plan AIRE. Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/PLAN_por_10020AIRE_por_100202013-2016_tcm30-187963.pdf</p> <p>NACIONES UNIDAS (1998). <i>Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático</i>. Disponible en: https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf</p> <p>OTLE (2019a). <i>Transporte nacional e internacional de mercancías por carretera (toneladas y toneladas-kilómetro) por tipo de desplazamiento y nacionalidad del transportista</i>. Observatorio del Transporte y la Logística en España.</p>	<p>Disponible en: http://apps.fomento.gob.es/BDOTLE/visorBDpop.aspx?i=540</p> <p>— (2019b). <i>Transporte de mercancías por carretera de vehículos españoles (número de operaciones totales, número y porcentaje de operaciones en vacío) por tipo de desplazamiento (nacional e internacional)</i>. Observatorio del Transporte y la Logística en España. Disponible en: http://apps.fomento.gob.es/BDOTLE/visorBDpop.aspx?i=284</p> <p>PÉREZ-PRADA, F., MONZÓN, A. y VALDÉS, C. (2017). Managing Traffic Flows for Cleaner Cities: The Role of Green Navigation Systems. <i>Energies</i>, 10(6), p. 791. doi:10.3390/en10060791</p> <p>SERRANO, J. R., PIQUERAS, P., ABBAD, A., TABET, R., BENDER, S. y GÓMEZ, J. (2019). Impact on Reduction of Pollutant Emissions from Passenger Cars when Replacing Euro 4 with Euro 6d Diesel Engines Considering the Altitude Influence. <i>Energies</i>, 12, p. 1278. doi: 10.3390/en12071278</p> <p>SOBRINO, N. (2015). <i>Methodologies to measure and to manage the decarbonisation of road transport: the case of Spain</i>. Tesis (Doctoral), ETSI. Caminos, Canales y Puertos (UPM). Disponible en: http://oa.upm.es/35376/.</p> <p>SOBRINO, N. y MONZÓN, A. (2013). Management of Urban Mobility to Control Climate Change in Cities in Spain. <i>Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board</i>, 2375(1), pp. 55-61. doi: 10.3141/2375-07</p> <p>— (2018). Towards Low-Carbon Interurban Road Strategies: Identifying Hot Spots Road Corridors in Spain. <i>Sustainability</i>, 10, p. 3963. doi: 10.3390/su10113963</p> <p>SOBRINO, N., MONZÓN, A. y HERNÁNDEZ, S. (2014). Reduced Carbon and Energy Footprint in Highway Operations: The High Energy Assessment (HERA) Methodology. <i>Network and Spatial Economics</i>, 16, pp. 395-414. doi: 10.1007/s11067-014-9225-y</p> <p>UNFCCC (2018). Paris Agreement – Status of Ratification. <i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i>. Disponible en: https://unfccc.int/process/the-paris-agreement/status-of-ratification</p>
--	--	---

Resumen

Enmarcado en el contexto del reto internacional y de los compromisos de la Unión Europea de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero para hacer frente al impacto del cambio climático, la economía española debe afrontar en las próximas décadas el desafío de llevar a cabo un rápido proceso de descarbonización que va afectar a todos los sectores de actividad. La industria, que es un sector relevante a nivel de consumo energético y emisiones de CO₂, no puede permanecer ajena a este objetivo. A pesar de haber venido haciendo desde hace tiempo un importante esfuerzo en la mejora de la eficiencia energética y en la reducción del consumo de combustibles fósiles, la industria se enfrenta al enorme desafío de la adaptación tecnológica y energética de sus procesos productivos. Y debe hacerlo no solamente sin perder competitividad, sino también aprovechando las nuevas oportunidades que se presentan en el contexto europeo e internacional para incrementar su capacidad de desarrollo industrial y empresarial. Este artículo presenta algunas reflexiones sobre los retos y las oportunidades a los que se enfrenta la industria española en el proceso de transición hacia la descarbonización de la economía.

Palabras clave: industria, sector manufacturero, descarbonización, transición energética, emisiones de GEI.

Abstract

The international challenge and the commitments of the European Union to reduce greenhouse gas emissions to face the impact of climate change, implies that the Spanish economy faces the challenge of carrying out a decarbonization process in the coming decades and it will affect all sectors of activity. This objective will also be applicable in the industry, which is a relevant sector in energy consumption and CO₂ emissions. The industry faces the enormous challenge of technological and energy adaptation of its production processes, although the sector has long been making significant efforts in energy efficiency, reduction of consumption and replacement of fossil fuels. And all this without losing competitiveness. In addition, given the European and international context, it should take advantage of the new opportunities presented to increase business capabilities. This article presents a vision on the challenges and opportunities that the Spanish industry faces in the process of transition towards the total decarbonization of the economy.

Keywords: industry, manufacturing, decarbonization, energy transition, GHG emissions.

JEL classification: L60, Q01, Q40.

LA DESCARBONIZACIÓN DE LA INDUSTRIA, RETOS Y OPORTUNIDADES

Javier MARQUÉS
Txetxu SÁENZ DE ORMIJANA
EVE - Ente Vasco de Energía

I. INTRODUCCIÓN

LOS compromisos internacionales del Acuerdo de París firmado a finales del 2015 dentro de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP21), en consonancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, establecieron unos objetivos de reducción del 40 por 100 de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el año 2030 con respecto al año 1990, para que el aumento de la temperatura mundial se mantuviese muy por debajo de los 2 °C. La Unión Europea (UE) ha asumido el liderazgo en la acción por el clima a nivel mundial, y con el fin de limitar el aumento de la temperatura del planeta a 1,5 °C ha definido una estrategia a largo plazo para alcanzar en el año 2050 cero emisiones netas de gases de efecto invernadero por medio de una transición energética «socialmente justa realizada de manera rentable» (1).

En este contexto, todos los Estados miembros están obligados a elaborar cada diez años sus correspondientes planes nacionales integrados de energía y clima (PNIEC) y las correspondientes estrategias a largo plazo de treinta años (2). Con este criterio, todos los países deben tener aprobados para finales de 2019 su PNIEC 2021-2030 y deben haber presentado la estrategia a largo plazo 2050 de forma que contribuyan a los ob-

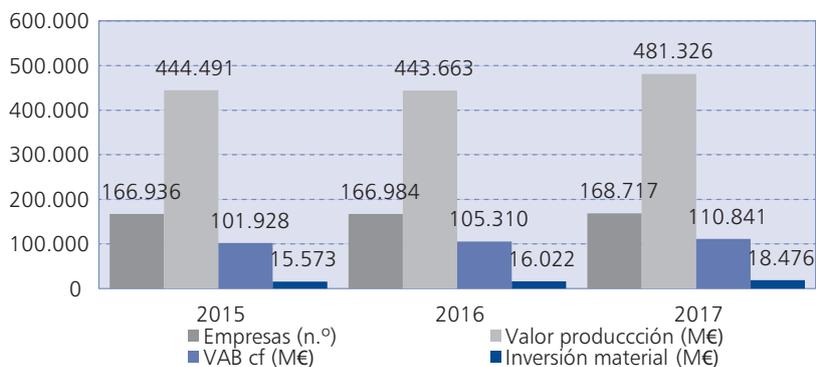
jetivos de la UE. En este sentido, el Gobierno español presentó en febrero de 2019 su borrador del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030. Las estrategias nacionales a largo plazo para llegar al objetivo de lograr emisiones netas cero de GEI en la Unión Europea para 2050 suponen la progresiva descarbonización de las economías de todos los Estados miembros, y por ello, de cada uno de los sectores de actividad.

Ante este escenario, siendo el sector manufacturero responsable del 23 por 100 del consumo final energético, del 20 por 100 del consumo final de combustibles fósiles (3) y del 19 por 100 del total de las emisiones de GEI (4), este artículo presenta la situación y tendencias energéticas y de emisiones del sector industrial, identifica algunas de las áreas claves para avanzar en su descarbonización, y reflexiona sobre algunos de los nichos de mayor potencial de desarrollo industrial.

II. MAGNITUDES DEL SECTOR INDUSTRIAL MANUFACTURERO

Según información del Instituto Nacional de Estadística (INE), el sector industrial español lo conforman cerca de 192.400 empresas. De estas, el 88 por 100 corresponde a empresas del sector manufacturero (5), que anualmente factura 505.000 millones

GRÁFICO 1
PRINCIPALES MAGNITUDES ECONÓMICAS DEL SECTOR MANUFACTURERO EN ESPAÑA



Fuente: Estadística estructural de empresas (INE).

de euros, aporta el 14 por 100 al valor añadido bruto nacional y con algo más de 1,9 millones de trabajadores, supone el 10 por 100 del empleo de todos los sectores de actividad (6).

Por subsectores, la actividad productiva se concentra en «Alimentación y Construcción de medios de transporte», que conjuntamente supone más del 40 por

100, y también destacan el sector «Químico, Refino, Metalurgia y Transformados metálicos», que suman otro 28 por 100.

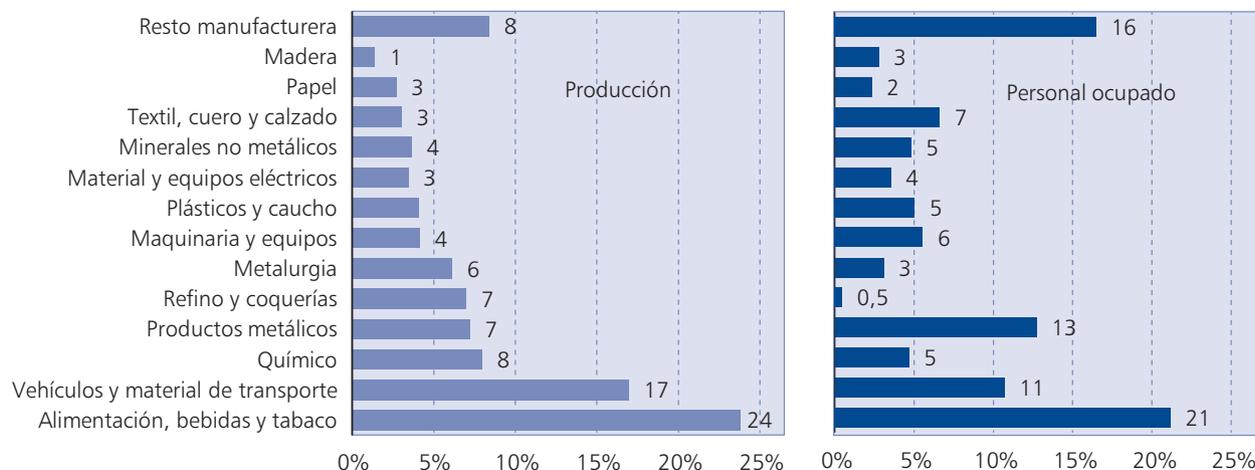
III. CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL SECTOR

En el período 2005-2017, el análisis de la evolución energéti-

ca en la industria manufacturera indica que este ha sido el sector final que más ha reducido su consumo energético en este período, un 37 por 100 en doce años. En el año 2017, la industria representó el 23 por 100 del consumo final sectorial, nueve puntos por debajo del 32 por 100 del 2005, bajando su consumo energético anual a 19,7 millones de toneladas equivalentes de petróleo. Evidentemente, una parte importante de la reducción del consumo ha estado asociada a la evolución de la actividad productiva debida a la crisis económica. Otros factores también tienen influencia a largo plazo, como por ejemplo la mejora de la intensidad energética debido a la incorporación progresiva de medidas de ahorro energético y a cambios tecnológicos, que inciden en la mejora de la competitividad energética. Una cierta recuperación del consumo energético en la industria se está dando en los últimos años, como se refleja en el gráfico 3.

En cuanto a las tendencias por tipo de energías cabe des-

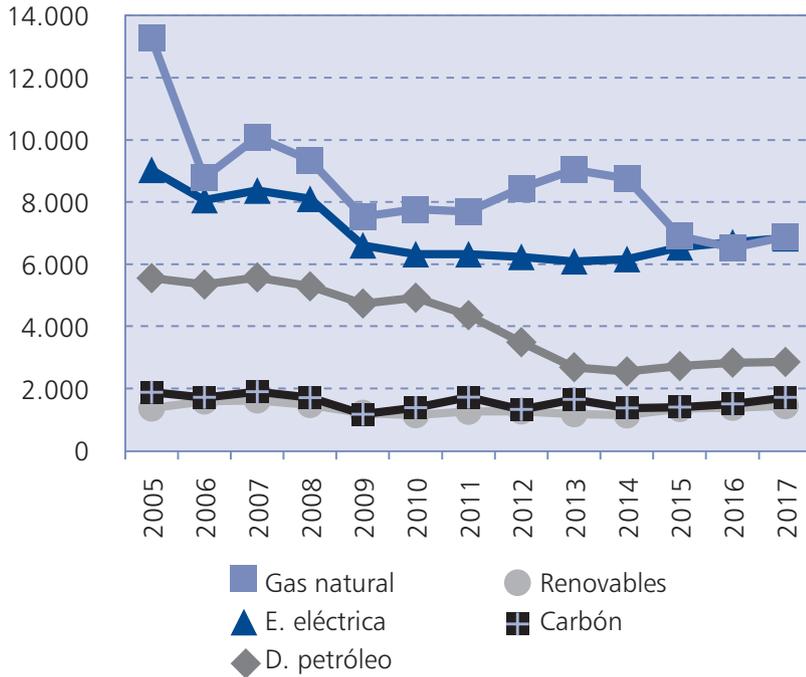
GRÁFICO 2
ESTRUCTURA SECTORIAL DE PRODUCCIÓN Y EMPLEO EN LA INDUSTRIA MANUFACTURERA, 2017



Fuente: EPA 2017 (INE).

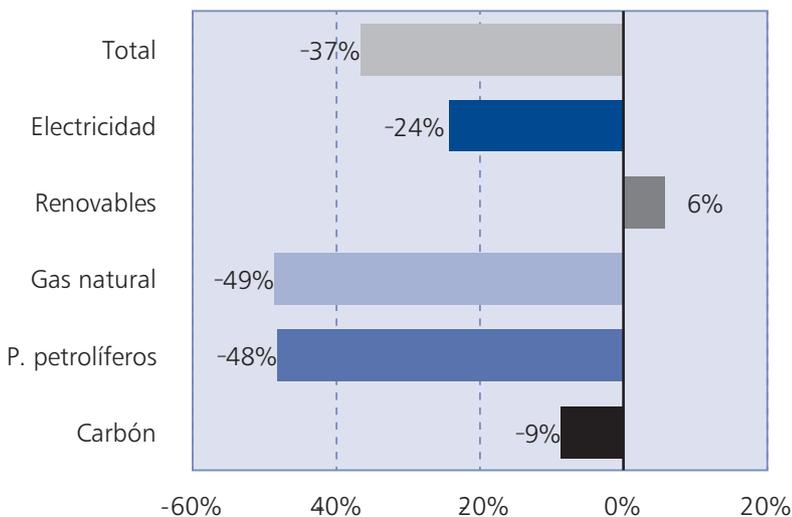
GRÁFICO 3
EVOLUCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO INDUSTRIAL POR ENERGÍAS

kilotoneladas equivalentes de petróleo



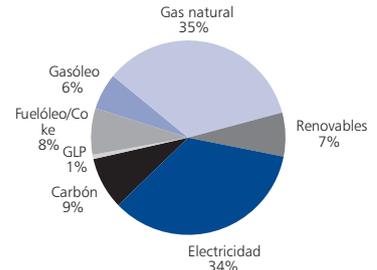
Fuente: Series 2005-2017 (IDAE) y elaboración propia.

GRÁFICO 4
TENDENCIAS ENERGÉTICAS EN LA INDUSTRIA, 2005-2017



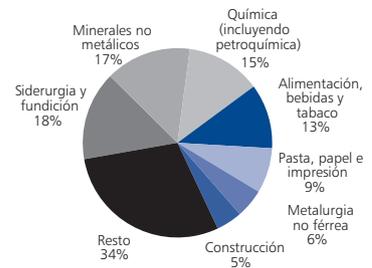
Fuente: Series 2005-2017 (IDAE) y elaboración propia.

GRÁFICO 5
ESTRUCTURA DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN LA INDUSTRIA 2017 POR ENERGÍAS



Fuente: IDAE, año 2017 y elaboración propia.

GRÁFICO 6
ESTRUCTURA DEL CONSUMO SECTORIAL EN LA INDUSTRIA 2017 POR SUBSECTORES

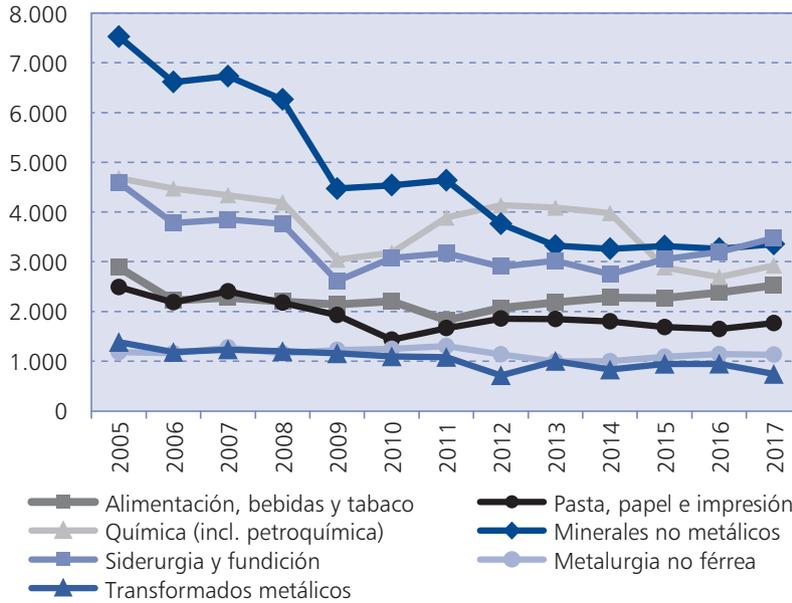


Fuente: IDAE, año 2017 y elaboración propia.

taçar la fuerte reducción del consumo de combustibles fósiles del 45 por 100 y de casi un 24 por 100 en electricidad en doce años, mientras que el aprovechamiento energético de las energías renovables ha crecido ligeramente, un 6 por 100 en dicho período. En el año 2017 todavía los combustibles fósiles representan el 58 por 100 del consumo energético en la industria, (destacando el 7 por 100 del consumo de carbón, que se utiliza como materia prima en el sector de la siderurgia y fundición),

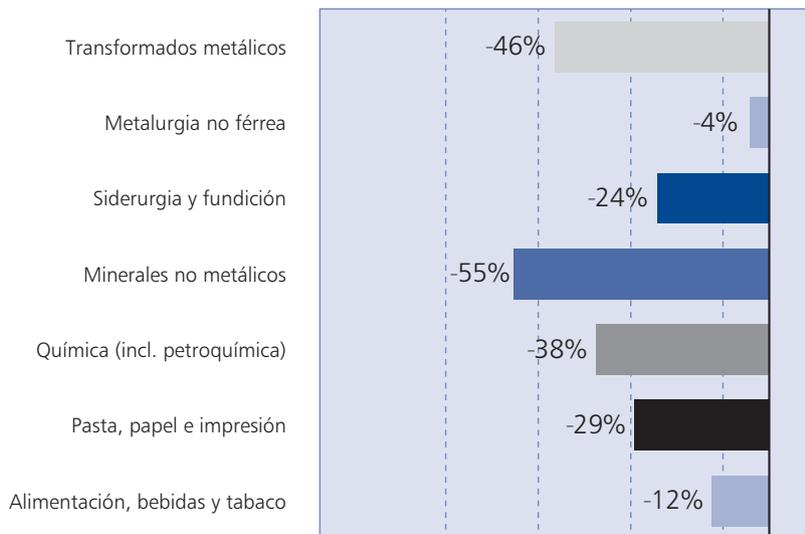
GRÁFICO 7
EVOLUCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO DE LOS PRINCIPALES
SUBSECTORES INDUSTRIALES

kilotoneladas equivalentes de petróleo



Fuente: Series 2005-2017 (IDAE) y elaboración propia.

GRÁFICO 8
VARIACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN DIFERENTES
SUBSECTORES INDUSTRIALES, 2005-2017



Fuente: Series 2005-2017 (IDAE) y elaboración propia.

a pesar de que el consumo tanto de productos petrolíferos como de gas natural se ha reducido casi a la mitad. Las renovables han mejorado su participación del 4 por 100 hasta el 7 por 100, debido sobre todo a la bajada sectorial del consumo, siendo casi en su totalidad aprovechamiento de biomasa residual.

El análisis por subsectores (gráficos 7 y 8) indica que en 2017 cerca del 62 por 100 del consumo energético industrial se concentra en cuatro subsectores principales («Siderurgia y fundición», «Minerales no metálicos», «sector Químico/petroquímico» y «sector de Alimentación, bebidas y tabaco»). Por otra parte, casi todos los subsectores industriales presentan una tendencia de reducción del consumo energético en el período 2005-2017. En efecto, en estos doce años las disminuciones fueron importantes en subsectores tan relevantes como «Minerales no metálicos» (-55 por 100), «Transformados metálicos» (-46 por 100) (ambos subsectores muy relacionados con la construcción) y «sector Químico» (-38 por 100). También destacaron las reducciones en el «sector Papel» (-29 por 100) y en «Siderurgia y fundición» (-24 por 100).

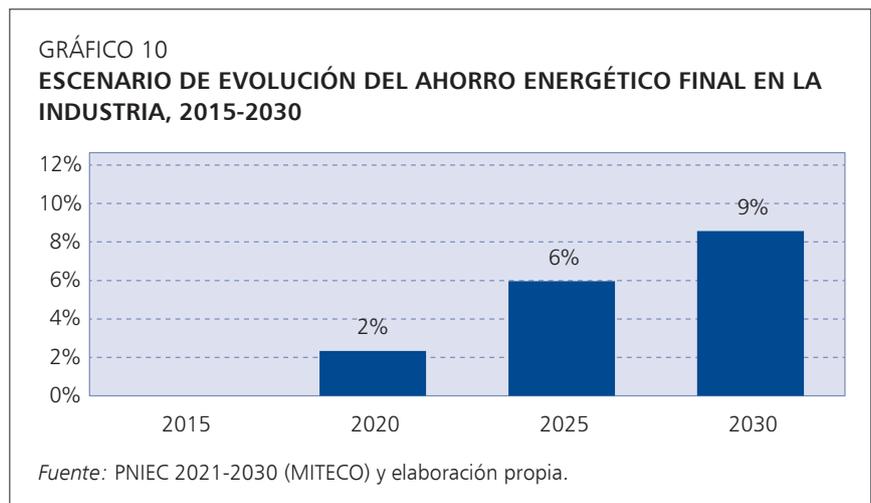
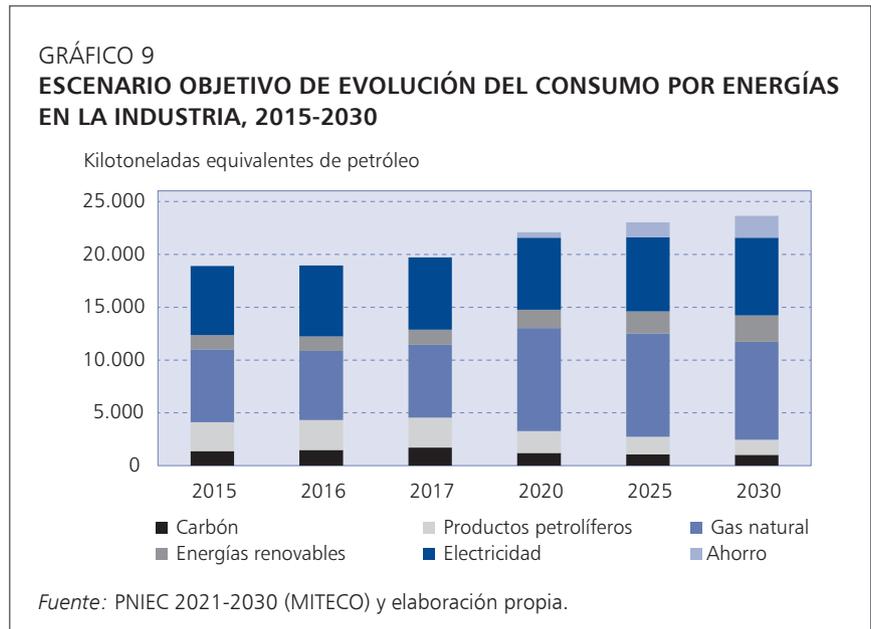
Referente al tipo de energías demandadas, en todos los sectores tiene un peso importante el consumo de electricidad y gas natural. Solamente cuatro subsectores industriales tienen aprovechamiento de energías renovables («Alimentación», «Papel», «Minerales no metálicos» y «Madera»), y la biomasa concentra el 96 por 100 de las mismas. Destaca el consumo de carbón en la siderurgia y fundición, el uso de coque de petróleo en minerales no metálicos, y el

aprovechamiento energético de la biomasa en el sector papelero.

IV. ORIENTACIÓN DE LA POLÍTICA ENERGÉTICA PARA LA INDUSTRIA

La referencia del proceso de transición energética en el sector industrial la tenemos en los objetivos energéticos que para el sector han sido establecidos por el Gobierno de España en el horizonte del año 2030, que se exponen en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030. Este plan, presentado a la Comisión Europea dentro de los compromisos de los Estados miembros, contiene los objetivos de actuación en el año 2030, y ha sido diseñado dentro del marco de las directrices establecidas por la Unión Europea para el cumplimiento de los compromisos internacionales para luchar contra el cambio climático. En concreto, para la industria se identifican las líneas de actuación adicionales a las actuales para avanzar en la descarbonización del sector, con objetivos en la reducción del consumo energético, incrementar la participación de las renovables, y en definitiva disminuir las emisiones de los GEI para el año 2030.

La previsión tendencial en el sector industrial indica que se podría incrementar el consumo energético en el período 2017-2030 alrededor de un 22 por 100, destacando el fuerte aumento del 47 por 100 del gas natural, para alcanzar los 24 Mtep. Las medidas establecidas en el escenario objetivo (de políticas energéticas adicionales del PNIEC) permitirían reducir el consumo industrial progresivamente para llegar a un ahorro del 9 por 100 sobre la evolución



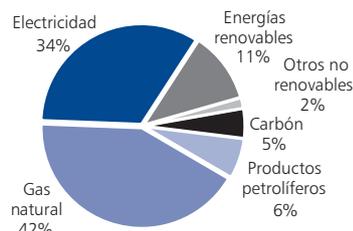
tendencial, hasta alcanzar los 22 Mtep en 2030, lo que supondría un incremento limitado del 11 por 100 desde el año 2017. Con este perfil de nivel de ahorro establecido, se lograría mantener el consumo energético industrial prácticamente plano en la década 2021-2030.

En cuanto a la cesta de consumo energético en 2030 en comparación con el año 2017, ganarían peso el gas natural (del 35 por 100 al 42 por 100), que afianzaría su papel preponde-

rante en el consumo del sector, y las renovables (del 7 por 100 al 11 por 100). Ambas ganancias lo serían en detrimento del resto de los combustibles fósiles carbón y derivados del petróleo (que pasarían del 23 por 100 al 11 por 100), mientras que la participación de la electricidad se mantendría igual (alrededor del 34 por 100).

Las medidas de política energética 2021-2030 para el sector industrial incluyen además de nuevas actuaciones en eficien-

GRÁFICO 11
MIX ENERGÉTICO INDUSTRIAL, 2030



Fuente: PNIEC 2021-2030 (MITECO) y elaboración propia.

cia energética, promover la introducción del consumo de las renovables en todos los subsectores industriales, así como impulsar mejoras en las tecnologías energéticas y la implantación de sistemas de gestión energética de procesos industriales. Las inversiones adicionales a las tendencias previstas en la industria supondrían, en el período 2021-2030, alcanzar los 7.750 millones de euros.

1. Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) 2030

El sector industrial fue en 2015 responsable del 18 por 100 de las emisiones anuales de gases de efecto invernadero (GEI) producidas en el conjunto de la economía española, alcanzando 61,5 Mt CO₂ eq. Estas emisiones de origen industrial incluyen tanto las emisiones debidas a la combustión como las originadas en los propios procesos productivos por efecto de las reacciones químicas adicionales a las de combustión que se generan en los mismos. Estas últimas representan alrededor de un tercio de todas las emisiones de los GEI

GRÁFICO 12
CUOTA RENOVABLES INDUSTRIA, 2017-2030



Fuente: PNIEC 2021-2030 (MITECO) y elaboración propia.

industriales. A su vez, del total de emisiones industriales una parte importante (86 por 100) corresponde a las industrias reguladas por el sistema de comercio europeo de emisiones (ETS, por sus siglas en inglés) (7). El resto de las emisiones (14 por 100) son las emisiones consideradas difusas en la industria. Con este nivel actual de emisiones, la industria española ya ha reducido un 17 por 100 sus emisiones de GEI respecto al año 1990. El objetivo

en la industria con el conjunto de medidas previstas es bajar adicionalmente las emisiones del sector hasta alcanzar los 56 Mt CO₂ eq en el año 2030. Esto supone reducir un 9 por 100 las mismas con respecto al 2015, y llegar a un nivel de descarbonización del 24 por 100 en dicho año 2030 frente al nivel de 1990.

Si el análisis se realiza respecto al año 2005, la disminución actualmente alcanzada ha sido

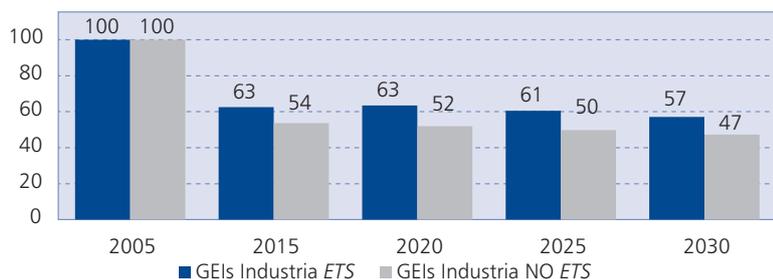
GRÁFICO 13
ESCENARIO OBJETIVO ÍNDICE GEI 1990 EN LA INDUSTRIA, 1990-2030



Fuente: PNIEC 2021-2030 (MITECO) y elaboración propia.

GRÁFICO 14
ESCENARIO OBJETIVO ÍNDICE GEIS 2005 EN LA INDUSTRIA, 2005-2030

2005 Índice 100



Fuente: PNIEC 2021-2030 (MITECO) y elaboración propia.

de casi un 40 por 100, y el objetivo al 2030 es llegar a una reducción del 44 por 100, con una bajada del 43 por 100 en las industrias ETS y del 53 por 100 en los sectores industriales difusos.

V. RETOS DE LA DESCARBONIZACIÓN INDUSTRIAL

1. Visión estratégica del sector

Los objetivos para el año 2030 suponen un esfuerzo adicional en las inversiones que actualmente se están llevando a cabo en materia energética en el sector industrial manufacturero. Sin embargo, alcanzar la total descarbonización de la economía en el horizonte 2050 constituye un desafío de gran magnitud para todos los subsectores industriales. Esto ha quedado patente en la comunicación de la Comisión Europea del año 2018 *Un planeta limpio para todos* (Comisión Europea, 2018). El importante esfuerzo que será necesario realizar va a requerir la incorporación adicional de diversas medidas estruc-

turales de relevancia, medidas que además, previsiblemente, podrían ir más allá del ámbito puramente industrial. En concreto, las interrelaciones entre los diferentes sectores y subsectores de la economía pueden verse modificadas al requerirse en una tendencia de descarbonización de nuevos productos que requieran, con una visión de ciclo de vida de toda la cadena de suministro, menores emisiones en carbono tanto en el consumo de energía en procesos como en las materias utilizadas.

Dada la diversidad y complejidad de la caracterización de los procesos productivos en cuanto a sus necesidades energéticas y materias primas en todos los subsectores industriales, va a resultar imprescindible aplicar un panel diverso y complementario de medidas para alcanzar altos niveles de descarbonización. A ello hay que añadir que existen otros condicionantes adicionales que van a ser claves en la implementación de las actuaciones, como son el alto nivel de inversiones necesarias y unas tasas de retorno adecuadas para el sector. Asimismo, hay que tener en cuenta además que todo el

proceso de transformación hacia la descarbonización del sector industrial debe realizarse sin perder competitividad industrial, e incluso mejorando la presencia tanto en los mercados actuales como en nuevos nichos de mercado. Deben concentrarse los esfuerzos en evitar en este proceso la deslocalización de empresas de alto valor añadido en sectores estratégicos de futuro.

Los estudios de escenarios de descarbonización industrial realizados a nivel europeo indican que con las tendencias de las políticas y medidas existentes comercialmente disponibles (basadas en la mejora de la eficiencia energética, incorporación de nuevas tecnologías energéticas, cambios estructurales subsectoriales, los avances de la industria 4.0, etc.) no va a ser suficiente para alcanzar un alto nivel de descarbonización, al poder llegar solamente a conseguir niveles del en torno al 60 por 100 de reducción de emisiones de los GEI en 2050.

Para alcanzar mayores niveles de descarbonización en la industria va a ser necesario poner en juego opciones adicionales de descarbonización, que pasan porque comercialmente se desarrollen a gran escala tecnologías innovadoras, que permitan una profunda descarbonización del sector. Existen medidas ya disponibles que habría que implantar en la industria a gran escala. En este sentido, estarían las tecnologías de alta eficiencia energética, mayor integración de instalaciones de aprovechamiento de los recursos renovables, y una mayor electrificación asociada a un suministro eléctrico altamente descarbonizado. Sin embargo, existen otras posibilidades incipientes aún no ampliamente implementadas que precisan de

mayor nivel de desarrollo, como son la utilización del hidrógeno, los combustibles sintéticos o bajos en carbono, la economía circular, y las sustituciones de materiales. Pero esto incluso puede no ser suficiente, al existir subsectores más difíciles de descarbonizar. Con estas opciones adicionales, para alcanzar altos niveles de descarbonización en la industria (> 90 por 100), los estudios realizados indican que sería imprescindible contemplar compensaciones de emisiones al menos en alguno de los subsectores, debiendo tener en cuenta tecnologías de captura de carbono para almacenamiento o utilización.

Un reciente informe de McKinsey & Company (8), presenta las diversas tipologías de opciones de descarbonización de que dispone el sector industrial:

– *Mejora de la eficiencia energética de los procesos productivos.* Existen potenciales en todos los subsectores industriales para seguir reduciendo el consumo de combustibles fósiles y por tanto las emisiones de CO₂. Estas mejoras comprenden desde las actuaciones más clásicas de recuperación/aprovechamiento de calores residuales, a la sustitución de equipos por otros más eficientes energéticamente o la innovación tecnológica de los procesos productivos.

– *Electrificación de usos térmicos.* Los equipos actuales utilizados en la industria para utilización térmica en producción y servicios auxiliares a distintos niveles de temperatura mediante combustibles fósiles, como son hornos y calderas, pueden en parte ser sustituidos por otros sistemas/equipos que utilicen electricidad. Siempre que la electricidad esté libre de carbono, esta sustitución

conllevará una reducción de las emisiones en el proceso.

– *Uso de energías renovables.* Es posible incrementar los niveles actuales de aprovechamiento de distintos tipos de energías renovables térmicas y eléctricas en el sector (biomasa, solar, geotermia, etc.) al disponer los emplazamientos industriales de superficie y terreno. Sin embargo, las mayores posibilidades de la industria se centrarían en la biomasa (como madera, biogás, o como biocombustibles derivados de la madera).

– *Uso del hidrógeno.* La utilización del hidrógeno producido de forma descarbonizada como portador energético, incluso como materia prima, en algunos procesos puede ser otra opción para avanzar hacia la descarbonización. Podría sustituir a los combustibles fósiles utilizados en usos térmicos.

– *Demanda de la producción.* Otra área de actuación tiene mucho que ver con la economía circular. Entre estas alternativas estarían la disminución de pérdidas de producción, incremento de los niveles de reutilización, aumento del reciclaje de productos, reducción de las necesidades de materias primas, cambios en los productos, o sustitución con nuevos productos equivalentes.

– *Captura CO₂.* Además de todas las opciones mencionadas para reducir las emisiones de carbono, existe la posibilidad de implantar sistemas para capturar el CO₂, transportarlo de diversas maneras y depositarlo en almacenamientos geológicos. Los sistemas de captura de CO₂ han sido utilizados en algunos procesos industriales. Las tecnologías de almacenamiento han sido desarrolladas e implementadas en algunos sectores.



2. Posibilidades de mejora de la eficiencia energética

Desde los años ochenta, las medidas de ahorro y eficiencia energética han tenido una larga tradición de implementación en el sector industrial, orientado básicamente a la reducción de los costes energéticos para la mejora de la competitividad. Este tipo de actuaciones ha sido más significativa para los sectores intensivos en energía, en donde el gasto energético es relevante en relación a los costes totales de las empresas, y también en los sectores sometidos a una fuerte competencia de sus productos en los mercados internacionales. La industria ha sido el sector que tradicionalmente ha hecho más esfuerzo en la mejora de sus consumos energéticos, y las medidas incorporadas en los procesos productivos han evolucionado desde las clásicas de reducción de pérdidas energéticas, o de recuperación de calores de efluentes residuales, pasando por la sustitución de equipos de consumo energético

por otros más innovadores y eficientes energéticamente, hasta las más avanzadas de adaptación o reconversión de los procesos productivos. Otras medidas como la sustitución por combustibles como el gas natural en su momento, han posibilitado de forma importante mejorar los niveles de ahorro energético, al poder incorporar tecnologías más avanzadas que las que se utilizaban con los combustibles convencionales.

Una gran parte de las inversiones en medidas tradicionales han sido ya realizadas, y a pesar de los ahorros alcanzados, sigue existiendo potencial para la mejora de la eficiencia energética. En efecto, en un estudio encargado por la Comisión Europea (9) se han identificado a nivel europeo los potenciales tanto técnicos como económicos a largo plazo para la reducción del consumo energético en los diferentes subsectores industriales. Se han considerado, tanto las oportunidades de ahorro

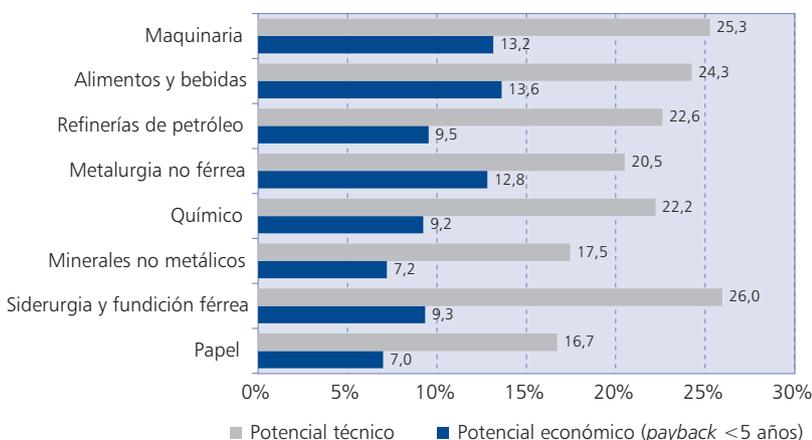
energético comunes o transversales al conjunto de subsectores como las medidas de eficiencia específicas aplicables en cada subsector.

El rango del potencial técnico evaluado alcanza desde el 17 por 100 del «sector Papel» hasta el 26 por 100 en la «Siderurgia y fundición», con una media para el sector manufacturero del 20-23 por 100. Sin embargo, dado que el potencial de ahorro energético económicamente viable se puede establecer en el 8-10 por 100, para alcanzar este porcentaje adicional del 10-15 por 100 es necesario poner en mercado nuevas tecnologías que actualmente no son tan rentables económicamente. Y para que las nuevas tecnologías que están despuntando permitan alcanzar esos niveles de ahorro adicionales es necesario incrementar los esfuerzos en investigación, desarrollo e innovación.

En cuanto al tipo de medidas que se pueden implantar, que son comunes a toda la industria y que también resultan económicamente rentables, las podemos agrupar en:

- Medidas de gestión (sistemas de gestión energética, certificación energética de procesos).
- Sistemas de control (control integrado, control de procesos, medición en operaciones y equipos, de gases de combustión, control avanzado en calderas).
- Mejoras de equipos y procesos (combustión, calentamiento, recuperación de calores residuales, sistemas de bombeo, sistemas de climatización y ventilación).

GRÁFICO 15
POTENCIAL TÉCNICOECONÓMICO DE AHORRO ENERGÉTICO EN DIFERENTES SECTORES INDUSTRIALES EUROPEOS, 2050



Fuente: Datos ICF Consulting (2015) y elaboración propia.

- Sistemas de regulación (variadores velocidad en bombas, ventiladores, compresores y motores en general).
- Mantenimiento de equipos (hornos).

Pero para que se puedan aprovechar todas las oportunidades de ahorro energético es preciso que se superen una serie de barreras que pueden ser de tipo técnico, comercial o económico. Algunas de las barreras existentes son internas de cada empresa y otras vienen determinadas por el entorno.

3. Papel de la cogeneración

A lo largo de estos años, las industrias intensivas han hecho grandes esfuerzos para reducir su factura energética y conseguir ser a su vez más eficientes, siendo una de las principales actuaciones la utilización de plantas de cogeneración basadas en el uso del gas natural. Ello ha permitido sustituir el uso de combustibles como el carbón, muy ineficiente y emisor, por gas natural, más eficiente y menos emisor. La cogeneración ha sido una tecnología imprescindible para un desarrollo energético sostenible en la industria.

En estos últimos años, los diferentes cambios regulatorios impulsados por el Gobierno en el sector eléctrico, para dar solución al problema del déficit tarifario insostenible, han tenido como resultado un recorte significativo en las posibilidades de implantación de sistemas de cogeneración, penalizando con ello, precisamente, a las industrias. Para solventar la coyuntura normativa desfavorable de los últimos años, sería neces-

sario preservar la tecnología de cogeneración con actuaciones concretas aunque orientadas a aplicaciones de muy alta eficiencia que hagan aportaciones claras al sistema ya sea mediante la descarbonización o mediante la aportación de potencia firme.

Por razones técnicas, y sobre todo económicas, no parece posible electrificar la totalidad del calor que requieren los procesos industriales. La cogeneración, promovida por la UE es un proceso de generación eficiente, que aporta competitividad, como lo reconoce el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC 2021-2030). Y mientras en países como Alemania se sigue apostando al 2030 y 2040 por esta tecnología, con el objetivo de sustituir el parque de centrales de carbón/lignito, situación en la que se encontraba España hace años, el PNIEC establece un escenario a 2030 en el que se reduce en un 50 por 100 la cogeneración motivado por la existencia en España de un *mix* cada vez más renovable y menos emisor, a diferencia de otros países como Alemania.

Desde los sectores industriales que emplean la cogeneración se confía en que la transición energética se haga compatible con las necesidades de la industria intensiva en demandas de calor y sus aportaciones de actividad económica y empleo de calidad. Sería necesario volver a incidir en esta tecnología con actuaciones más innovadoras y eficientes que busquen un objetivo de incremento en escenarios de transición y procesos de descarbonización.

4. Utilización de energías renovables

Cada vez que se menciona el término transición energética, las energías renovables aparecen como la fuente de producción térmica y, sobre todo, eléctrica predominante en el *mix* energético. En esta realidad intervienen distintos factores que apuntalan sus bondades, como madurez tecnológica, competitividad económica, oferta amplia de mercado, reducido impacto ambiental, atracción de inversiones y empleo en las zonas de ubicación. La implantación de las energías renovables en determinados sectores ya es una realidad, mientras que en otros, como en el sector industrial, su implantación es más reducida. Veamos las posibilidades de utilización en la industria por tipo de recurso.

Biomasa. El uso de productos obtenidos a partir de materia orgánica para producir energía se denomina «biomasa». Abarca un amplio grupo de materias de diversos orígenes y con características muy diferentes: subproductos forestales, agrícolas, residuos de procesos industriales, residuos ganaderos y urbanos. Tecnológicamente, existe un gran número de soluciones para obtener energía útil, tanto para generación eléctrica, térmica y de biocarburantes. La biomasa en el ámbito industrial es una oportunidad para disminuir los costes energéticos, pero en la mayoría de ocasiones las inversiones son más elevadas que con fuentes de energía tradicionales, factor que limita su expansión. Su uso presenta una gran oportunidad para la transformación de residuos potencialmente problemáticos en recursos o subproductos. La generación eléctrica de alta potencia presen-

ta dificultades debido al marco regulatorio poco atractivo, aun así, se están implementando algunos proyectos. En cambio, el uso térmico en procesos de secado, climatización y cogeneración para todo tipo de potencias y tamaños alberga infinidad de posibilidades. A través de productos como calderas de condensación con elevado rendimiento, quemadores que permiten aprovechar las instalaciones existentes, etc., se da respuesta a cualquier demanda de agua caliente o vapor en procesos industriales.

Eólica. El aprovechamiento de la energía eólica se suele clasificar en tres niveles por rangos de potencia: aerogeneradores eólicos (> 1 MW), minieólicos (25-100 kW) y de pequeña potencia (< 5 kW). La implantación en el sector industrial se limita, fundamentalmente, a los aerogeneradores minieólicos. Esto es debido a que la ubicación de las empresas (polígonos industriales y áreas cercanas a ámbitos urbanos) no es la más adecuada para obtener condiciones óptimas de viento, al impacto sobre todo visual que pueden provocar, y a que la producción de los aerogeneradores de pequeña potencia es baja. La implantación de aerogeneradores minieólicos para autoconsumo eléctrico puede ser una alternativa interesante.

Geotermia. En el caso de la energía geotérmica, esta se suele clasificar en función de la temperatura existente en el terreno: alta temperatura (> 150 °C), media temperatura (90-150 °C), baja temperatura (30-90 °C) y muy baja temperatura (<30 °C). Dadas las condiciones hidrogeológicas de España, los proyectos de geotermia se centran principalmente en los usos de muy baja temperatura, para calefacción

y refrigeración, a través de la bomba de calor si bien, gracias al desarrollo tecnológico de la misma, ya existen soluciones en el mercado en las que es posible su utilización a baja temperatura. Los sistemas de intercambio geotérmico, por la propia definición de la tecnología de la bomba de calor, son capaces de proporcionar refrigeración y calefacción de forma simultánea, lo cual provoca un incremento en los rendimientos antes indicados, por lo que es una tecnología muy apropiada para su utilización en procesos industriales donde se dé esta circunstancia. En cuanto al proceso industrial, podemos encontrar aplicaciones de hasta 90 °C como pueden ser procesos de electrólisis o deshidratación, así como su empleo en cubas de agua caliente para diferentes tratamientos. Asimismo, la tecnología de la geotermia se puede aplicar en la refrigeración de algunos equipamientos del proceso industrial (hornos de fundición o tratamiento térmico, inyectoras, prensas o torres de refrigeración). En general, una instalación que utilice energía geotérmica obtiene rendimientos superiores al 400 por 100, mucho mayor que instalaciones clásicas de bomba de calor o caldera de combustible. Así, permiten ahorros de energía entre el 30 y 70 por 100 en modo calor, y entre el 20 y 50 por 100 en modo frío (10).

Solar fotovoltaica. Tras los últimos cambios regulatorios que se están produciendo en el autoconsumo eléctrico, el uso cada vez más generalizado de la energía fotovoltaica parece una evidencia. Si a esto añadimos la evolución positiva de ciertos indicadores de mercado (tecnología más madura y precios competitivos), la energía solar fotovoltaica

se convertirá en una de las claves de futuro. Su implantación a nivel industrial está ligada a condicionantes como la disposición de cubiertas o suelos, la propia ubicación de las naves industriales (orientación, inclinación), y tipo de proceso productivo. Puede ser una buena alternativa para cubrir parte las necesidades de electricidad del sector.

Solar térmica. La utilización de la energía solar térmica para abastecer las diferentes demandas térmicas de la industria puede resultar interesante. Actualmente, su contribución en la industria es muy pequeña, no como en otros sectores como el residencial o servicios, donde las instalaciones están orientadas a cubrir parte de la necesidad de agua caliente sanitaria. El rango de temperaturas que produce, la generación estacional y su gestión, limita su utilización en el ámbito industrial. Aun así, existe potencial para diversos procesos que necesiten agua caliente entre 30 y 90 °C.

VI. OPORTUNIDADES DE DESARROLLO INDUSTRIAL EN LA TRANSICIÓN

El reto de transitar hacia un sistema energético sostenible modificará profundamente muchos sectores de la economía y generará múltiples oportunidades de desarrollo económico, empresarial e industrial. Las oportunidades industriales surgen de la posibilidad y capacidad de hacer cosas de forma distinta en sectores y cadenas de valor en los que existen evidentes fortalezas. Pueden identificarse dos sectores en los que, de manera especial, debe esperarse un significativo incremento en el uso

de energía eléctrica en los próximos años: 1) consumo de calor y frío mediante bombas de calor y equipos eléctricos en edificios, instalaciones, etc.; y 2) transporte de personas y mercancías, con un creciente protagonismo de los vehículos eléctricos. El diseño y la aplicación de políticas para avanzar en la transición energética deberá tener en cuenta las estrategias de desarrollo industrial y de fomento de la innovación, la especialización y la internacionalización.

1. Fortalezas de la economía española

Entre las fortalezas de la economía española que deben tenerse en cuenta a la hora de identificar las áreas de oportunidades industriales ligadas al proceso de transición energética se encuentran, entre otras, el disponer de infraestructuras de redes robustas, alta disponibilidad de recursos renovables, liderazgo empresarial, buen posicionamiento internacional en equipamientos eléctricos, una industria de fabricación de automóviles potente o el tejido de la industria digital.

España cuenta con redes energéticas muy desarrolladas y robustas que han integrado innovaciones muy relevantes en los procesos de gestión y control, como los centros de control en la red de transporte, o los sistemas de operación de las distribuidoras. Esto ha generado gran experiencia en torno a las redes eléctricas (equipamientos, electrónica de potencia, transformación y almacenamiento). Además, la península ibérica cuenta con más recursos renovables que la media europea, con una mayor irradiación solar

y un potencial eólico significativo (terrestre y eólica marina), además de los tradicionales recursos hidráulicos. Esto ha dado lugar a un *know-how* que ha permitido generar un tejido empresarial especializado y empresas con un posicionamiento internacional muy relevante. Muchas empresas son líderes en el mundo en distintos segmentos, con gran experiencia en la fabricación de instalaciones de energía renovable (fotovoltaica, solar termoelectrónica y eólica), integración de renovables y en el desarrollo de redes eléctricas.

También destaca la fortaleza de otras cadenas de valor cercanas a estas, como la industria de bienes de equipo eléctrico y de dispositivos de electrónica de potencia. Con ventas anuales de unos 3.000 millones de euros (11) de las cuales más de un 40 por 100 corresponden a exportaciones, y un posicionamiento en toda la cadena de valor, este segmento del sector energético está especialmente bien situado para generar empleo y aportar valor añadido a la economía española en las próximas décadas.

La industria de ensamblaje de vehículos y fabricantes de componentes de automoción comienza a alinearse con la tendencia global de adaptar la industria de automoción en conjunto a un escenario de irrupción masiva del vehículo eléctrico en los próximos años y están ya transformando sus cadenas de producción para hacer frente al crecimiento esperado de la demanda de vehículos eléctricos. Además, en los últimos años se ha desarrollado experiencia en segmentos clave de la movilidad futura, como en las infraestructuras de recarga, equipamientos

digitales y de comunicación para este tipo de vehículos.

Junto a los sectores anteriores, deben destacarse también las capacidades del tejido de la industria digital para desarrollar aplicaciones y soluciones en el ámbito de la transición energética. Existe un número cada vez mayor de desarrolladores que facilitan la digitalización de las redes, la automatización de equipamientos y procesos, y la gestión de la demanda.

2. Oportunidades para la industria

El complejo proceso de transición energética puede ser una manera de mostrar la capacidad de ser líderes en segmentos de mercado en las áreas de energías renovables, en redes eléctricas, en movilidad eléctrica e, incluso, en sectores como el del transporte ferroviario o la construcción naval. Para ello, será necesario demostrar que se cuenta con una visión estratégica a medio plazo que se concrete en planes de desarrollo de las industrias asociadas, ambiciosos y factibles. La inversión en innovación en productos, servicios y procesos, y el apoyo a la creación de nuevas empresas con un enfoque en actividades ligadas a la transición energética, también favorecerá el desarrollo de ventajas competitivas sostenibles en cadenas de valor concretas dentro del sector de la energía, como las que se indican a continuación.

Redes eléctricas. La necesidad de potenciar las redes de distribución de cara a afrontar un alto porcentaje de generación renovable distribuida implica una gran inversión en equipos eléctricos, sistemas de transformación

y control, etc. La integración del vehículo eléctrico y el desarrollo de las infraestructuras de recarga también representa una gran oportunidad para la industria. La conversión de las redes eléctricas actuales en «redes inteligentes», utilizando la experiencia con el despliegue masivo de contadores inteligentes y la existencia de proyectos piloto de redes avanzadas de distribución, supone una gran oportunidad para que el tejido industrial se posicione en el ámbito internacional. Las redes inteligentes deberán tener una gran capacidad de autogestión y un elevado nivel de automatización de procesos, como operación del sistema de distribución, o transformación de los niveles de tensión con el despliegue masivo de recursos distribuidos (generación renovable, dispositivos de almacenamiento de energía y vehículos eléctricos).

Energías renovables. La transición energética dará un impulso a las cadenas de valor de las tecnologías renovables, especialmente la eólica, tanto terrestre como marina, y la solar fotovoltaica, y apoyará a otros sectores complementarios, como los relacionados con el desarrollo y despliegue de infraestructuras, servicios de ingeniería, etc. Por otro lado, entre otras cadenas de valor de energía renovables con un horizonte prometedor se encuentran la energía solar termoeléctrica, que podría verse beneficiada en el futuro por los desarrollos tecnológicos ligados al almacenamiento de la energía eléctrica e hibridación con biomasa, y la energía hidráulica.

Almacenamiento de energía. La industria del almacenamiento de energía y, en particular,

del almacenamiento en baterías, puede suponer también una fuente de desarrollo industrial, impulsando tanto el sector de componentes eléctricos y digitales como el de las empresas que ofrecen servicios de integración de soluciones. Otras tecnologías de almacenamiento, como las basadas en almacenamiento térmico, también podrían dar lugar al desarrollo de un tejido industrial potente apoyado en el conocimiento generado por los centros de investigación y a las aplicaciones en múltiples sectores industriales. Se observa una creciente penetración de dispositivos de almacenamiento de energía en las redes eléctricas, y en los segmentos residencial, comercial e industrial. Al igual que en el caso de la energía eólica y la energía fotovoltaica, el coste del almacenamiento de energía eléctrica ha caído significativamente, apoyando el despliegue de los dispositivos de almacenamiento.

Eficiencia energética. Hay dos áreas de especial interés para el desarrollo de un tejido industrial potente ligado a la eficiencia energética. Por un lado, el sector de la edificación ofrece oportunidades, tanto en el ámbito de edificios de obra nueva eficientes desde el punto de vista energético (edificios de consumo casi nulo) como en el de las edificaciones existentes, en las que hay potencial para la actualización de los aislamientos, los equipamientos, la iluminación, el desarrollo de instalaciones de autoconsumo, bombas de calor, etcétera. El énfasis en la eficiencia energética reforzará el desarrollo y la creación de tejidos locales de empresas especializadas. Por otro lado, la adaptación de los procesos industriales para mejorar su eficiencia energética y

medioambiental ofrece también un amplio abanico de oportunidades ligadas a la electrificación de las fuentes de energía, la integración de instalaciones de almacenamiento y el autoconsumo de energía (12).

Movilidad con combustibles alternativos. Otras oportunidades industriales son los nuevos usos de la electricidad y otros combustibles en el transporte. En la movilidad eléctrica, comienzan a vislumbrarse los cambios que inducirán en la operación de las redes eléctricas los procesos de recarga y la integración de otros avances tecnológicos (13). La industria automovilística podrá beneficiarse de las oportunidades que genera la transición si puede adaptarse rápidamente para seguir generando valor añadido en el futuro. Este sector ha iniciado ya la transformación hacia cadenas de producción basadas en los vehículos eléctricos. El período de transición hacia la movilidad puramente eléctrica puede ser también aprovechado en el medio plazo por empresas que ofrecen servicios ligados a la movilidad a partir del gas natural (para vehículos convencionales) y el gas natural licuado (para vehículos de transporte pesado). A más largo plazo, y también con mayor incertidumbre en torno a las oportunidades reales de desarrollo, se encuentra la cadena de valor del hidrógeno y sus aplicaciones en el sector de la movilidad.

Nuevas tecnologías. Se requerirá desarrollar nuevas tecnologías relacionadas con la digitalización de infraestructuras y servicios. Esta creciente tendencia a la digitalización y automatización de procesos creará oportunidades de negocio asociadas al almacenamiento,

FIGURA 2
PRINCIPALES OPORTUNIDADES PARA LA INDUSTRIA EN LA DESCARBONIZACIÓN DE LA ECONOMÍA



procesamiento y protección (ciberseguridad) de datos y al desarrollo de herramientas informáticas (de control y gestión). Existen otros procesos paralelos, estrechamente relacionados con la transición energética, como la economía circular (y el reciclaje de productos y materiales), el desarrollo de la industria 4.0, las actividades relacionadas con los clientes, la economía colaborativa, etc., que generarán importantes sinergias con la transición energética y se verán reforzados por la misma, afectando a múltiples cadenas de valor.

3. Amenazas y retos

Aunque parece razonable pensar que la industria puede estar bien posicionada para aprovechar las oportunidades de la transición hacia un sistema energéticamente más sostenible, deben tenerse en cuenta algunas

de las principales amenazas que pueden limitar el alcance y los beneficios asociados a este desarrollo industrial.

La principal amenaza es, probablemente, que el retraso en activar las medidas que impulsan la transición energética pueda implicar que se pase de ser una «economía productora» a una «economía compradora» de nuevos productos, servicios y tecnología asociados a la transición energética. Aún pueden desarrollarse polos tecnológicos regionales muy especializados en cadenas de valor muy concretas (p.ej., el sector del almacenamiento o los polos de electromovilidad). La segunda gran amenaza proviene de un marco regulatorio que no sea estable, y que no genere las señales económicas adecuadas para realizar inversiones y fomentar la innovación y el desarrollo tecnológico. Otra amenaza para acometer

con éxito la transición energética es que no se cree una demanda interna potente y mantenida en áreas como las energías renovables, las redes eléctricas, la eficiencia energética o la movilidad sostenible, es decir un mercado natural donde desarrollar productos y servicios.

Por otra parte, puede haber un riesgo de que el impulso a determinados sectores en los que se identifiquen oportunidades ligadas a la transición energética acabe fomentando la presencia de fondos de inversión y empresas del exterior sin vocación de permanencia. La pérdida de centros de decisión de empresas relevantes en el ámbito de la energía y la movilidad podría también debilitar la capacidad de generar un tejido empresarial e industrial potente en torno a actividades relacionadas con la transición energética. En este sentido, la progresiva pérdida de conoci-

miento y capacidad que supone el cierre de empresas industriales en aquellos sectores en los que tradicionalmente ha habido presencia local, pero en los que existe actualmente una desventaja competitiva importante con otras partes del mundo (Asia, EE.UU., Europa), puede hacer que se pierdan oportunidades.

4. Prioridades para avanzar en una política industrial exitosa

El proceso de transición energética deberá llevarse a cabo a partir de un marco legislativo robusto y sobre la base de estrategias que faciliten los procesos de inversión y de transformación necesarios para alcanzar todos los objetivos económicos, medioambientales y sociales fijados. Entre estas estrategias debe incluirse una estrategia de política industrial que fomente el desarrollo de ventajas competitivas en aquellas áreas, sectores y cadenas de valor en las que la economía española muestra fortalezas que permitan a las empresas competir en los mercados internacionales y que resuelva algunas de las debilidades y retos mencionados anteriormente. Se presentan brevemente algunas de las líneas que deberían guiar esta política industrial.

1. Una regulación adecuada del sector eléctrico

Si la electrificación es el elemento fundamental del proceso de transición energética, una regulación adecuada facilitará que se generen ventanas temporales de oportunidad para que las empresas adapten los productos y servicios ya existentes o desarrollen nuevos mo-

delos de negocio. Además, deberán adaptarse los esquemas de incentivos, la retribución y las tarifas de acceso a las redes eléctricas de manera que las empresas de redes y el resto de participantes en el sistema eléctrico tomen decisiones de inversión, producción y operación que faciliten el cumplimiento de los objetivos de las políticas de energía y clima mencionados anteriormente.

2. Reforma de la fiscalidad energética y medioambiental

Resultará esencial emprender una reforma de la fiscalidad energética y medioambiental que traslade las señales de precios a los consumidores e incentivos adecuados a todos los agentes para el desarrollo de aquellas actividades empresariales e industriales que puedan dar lugar a ventajas competitivas sostenibles en el tiempo. Se requerirá mecanismos de mitigación y apoyo a la industria más afectada y a los sectores sociales vulnerables. Por otra parte, será necesario reformar la fiscalidad para hacer frente al esperable descenso de consumo de los combustibles fósiles, particularmente en automoción. Ello requerirá de acuerdos entre todos los niveles de la administración: regional, nacional y europeo.

3. Impulso de una demanda interna potente relacionada con la transición energética

Una forma de favorecer el desarrollo de un tejido industrial robusto consiste en crear una demanda nacional potente en aquellas áreas donde pueda generarse más valor añadido a medio plazo. La aplicación de nueva normativa en relación

con los códigos de edificación, por ejemplo, o relativa al desarrollo de infraestructuras para combustibles alternativos, u obligaciones de ejemplaridad para las distintas administraciones (en materia de eficiencia energética y movilidad con bajas o nulas emisiones) ayudará a generar una base de empresas de servicios (p. ej., instaladores, etc.) e industriales (p. ej., bombas de calor, componentes de vehículos eléctricos, etc.) especializados.

4. Desarrollo de capital humano especializado

La formación de personal adaptado a las actividades ligadas a la transición energética en todos los sectores permitirá incrementar la competitividad territorial, reforzar la conexión entre las instituciones de investigación y las empresas en los distintos sectores industriales. Además, fomentará también el desarrollo de una sociedad más formada y sensible a los nuevos usos sociales derivados de la transición energética.

5. Fomento del I+D y transferencia del conocimiento a la industria

Para fomentar las actividades de I+D deberá facilitarse el acceso a la financiación, posiblemente a través de esquemas de inversión basados en la cooperación público-privada, y fomentar la cooperación en materia de I+D y los acuerdos intra e intersectoriales entre empresas para el desarrollo de proyectos piloto e iniciativas de calado que permitan el desarrollo y despliegue de nuevas tecnologías. Las distintas administraciones deben buscar

FIGURA 3

LÍNEAS PRIORITARIAS DE ACTUACIÓN EN LA INDUSTRIA PARA APROVECHAR LAS OPORTUNIDADES EMPRESARIALES EN EL PROCESO DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA



vías para que las empresas industriales se involucren en las actividades de I+D+i, bien a través de incentivos fiscales, esquemas de compra por parte de los organismos de la administración o servicios de apoyo en distintas actividades ligadas a la comercialización de nuevas tecnologías y productos.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Aunque muy por detrás del transporte, el sector industrial manufacturero es un gran consumidor directo de combustibles fósiles, sobre todo de gas natural y derivados del petróleo en menor

medida, y debido a esto es también responsable de una parte importante de las emisiones de gases de efecto invernadero, sobre el que hay que seguir actuando para avanzar hacia una descarbonización total de la economía. Y para ello, son los planes y/o estrategias en materia de energía y clima, tanto a nivel de la UE como nacional y regional, los que tienen que marcar el camino a seguir.

Hasta el momento presente, la industria ha sido el sector que más esfuerzos ha realizado para reducir sus niveles de consumo y costes energéticos, disminuyendo con ello las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorando su competitividad. Y las prin-

cipales actuaciones han estado centradas en la mejora continua de la eficiencia energética y la sustitución de combustibles. De ahí que cualquier política o estrategia en materia energética debe seguir apostando en el corto y medio plazo de manera inequívoca por la innovación, el ahorro energético y la eliminación de los combustibles fósiles. En el caso especial de la cogeneración, se tendrán que implementar planes de renovación de instalaciones antiguas, así como el establecimiento de marcos regulatorios adecuados que eliminen las incertidumbres producidas durante los últimos años.

Respecto la necesidad de incorporar nuevas energías renovables en el sector industrial, habría que destacar su doble papel. Por un lado, el de sustituir el uso de combustibles fósiles más contaminantes; y por otro, por su capacidad de generación de actividad económica y empleo. El autoconsumo, basado principalmente en la solar fotovoltaica para satisfacer las necesidades eléctricas, y tanto la biomasa como la geotermia, para satisfacer las necesidades de refrigeración (*heating & cooling*) deberían jugar un rol muy importante en el sector.

Durante el proceso de transición energética hacia la descarbonización, también el gas natural debe jugar un papel clave al tratarse de un combustible fósil con un nivel de emisiones inferior al resto, petróleo y carbón, principalmente, lo que posibilita el uso de determinadas tecnologías, como es la cogeneración, que es una de las formas más eficientes de satisfacer de manera simultánea las necesidades eléctricas y térmicas en la industria.

Existen potenciales técnicos para avanzar en la descarbonización del sector, pero las medidas innovadoras adicionales en eficiencia y renovables deben ser más competitivas y alcanzar niveles comerciales para favorecer una efectiva incorporación masiva en los procesos industriales. En este sentido, deben realizarse esfuerzos adicionales a los ya logrados en la actualidad en I+D+i.

Sin embargo, los diferentes escenarios analizados a nivel europeo indican que exclusivamente con este tipo de medidas se alcanzarían niveles intermedios de descarbonización. Para llegar a un alto nivel de descarbonización de la industria sería preciso además implementar otro tipo de soluciones que están hoy en día en fase incipiente de desarrollo, como son avanzar en la electrificación del sector, en la sustitución de combustibles fósiles por hidrógeno neutro en carbono, la reducción de la demanda de materiales y la economía circular, y la captura con uso o almacenamiento de CO₂.

Pero además de los desafíos del proceso de descarbonización de la economía, en el lado de las oportunidades, España dispone de capacidades industriales y es líder mundial en determinadas tecnologías renovables y en bienes de equipo asociados, como son la eólica y la termosolar. No podemos dejar de apostar por ellas y por otros nuevos nichos de futuro, por su capacidad de desarrollo tecnológico e industrial, y de generación de empleo local, lo que contribuiría a reducir el problema del fenómeno

que se ha venido a denominar «España vaciada».

De ahí que una de las principales recomendaciones a los gobiernos es establecer una clara apuesta de política tecnológica e industrial en materia de energía, no solo en energías renovables, sino en otros sectores como podría ser el caso de la movilidad eléctrica y el almacenamiento; así como el establecimiento de un marco regulatorio estable que dé seguridad jurídica y elimine incertidumbres a los promotores de renovables.

NOTAS

(1) COM(2018) 773. A Clean Planet for all. A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy. November 2018.

(2) Reglamento (UE) 2018/1999 del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de diciembre de 2018 sobre la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima.

(3) Fuente: Series estadísticas IDAE 2017.

(4) Fuente: European Environment Agency. Summary report for CO₂ equivalent emissions – Spain 2017.

(5) El sector manufacturero lo conforman las empresas del sector industrial, excluidas la industria extractiva, las empresas de suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado, agua, actividades de saneamiento, gestión de residuos y descontaminación.

(6) Fuente: *Estadística estructural de empresas: Sector industrial. Principales magnitudes y EPA 2017* (INE).

(7) Régimen de comercio de derechos de emisión de la UE (RCDE UE) (https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_es).

(8) MCKINSEY & COMPANY. Decarbonization of industrial sectors. June 2018.

(9) European Commission Directorate-General Energy – *Study on Energy Efficiency and Energy Saving Potential in Industry and*

on Possible Policy Mechanisms, December 2015, elaborado por ICF Consulting.

(10) Fuente: IDAE.

(11) Fuente: Deloitte, 2019.

(12) Este segmento, en concreto, está desarrollándose muy rápidamente en España.

(13) Por ejemplo, las tecnologías *vehicle-to-grid*, *V2G*, o *vehicle-to-building*, *V2B*.

BIBLIOGRAFÍA

COMISIÓN EUROPEA (2018). A Clean Planet for all. A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy. COM (2018) 773. Bruselas.

ICF CONSULTING (2015). *Study on Energy Efficiency and Energy Saving Potential in Industry and on Possible Policy Mechanisms*, diciembre. Londres.

IDEA, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. *Balances de energía final (1990-2017)*.

INE, Instituto Nacional de Estadística. *Estadística Estructural de Empresas: Sector Industrial*.

MCKINSEY & COMPANY (2018). *Decarbonization of industrial sectors*. Junio. Amsterdam.

MITECO (2019a). *Informe de Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero*. Madrid: Ministerio para la Transición Ecológica, Gobierno de España.

— (2019b). *Borrador del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030*. Madrid: Ministerio para la Transición Ecológica, Gobierno de España, febrero.

UNIÓN EUROPEA (2018). Reglamento (UE) 2018/1999 del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de diciembre de 2018 sobre la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L 328/1, 11 de diciembre. Bruselas: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea.

Resumen

El autoconsumo basado en energía fotovoltaica proporciona numerosas ventajas para la transición energética, y permite una participación activa de la ciudadanía en el sistema eléctrico. En España, la reciente legislación ha eliminado las barreras que impedían su desarrollo. En este trabajo analizamos el papel del autoconsumo compartido en edificios de viviendas en España bajo el marco de la nueva legislación. Para ello analizamos instalaciones óptimas a nivel regional. Los resultados señalan que, bajo ciertas hipótesis conservadoras, el autoconsumo es viable en todo el territorio, y que permite cubrir en torno a un tercio del consumo eléctrico en edificios. Además, se ha identificado una baja relevancia de las baterías en los próximos años. Finalmente, se discuten otros aspectos mejorables de la actual legislación, como es la inclusión del término de pérdidas eléctricas evitadas en la remuneración por excedentes, y se aportan reflexiones sobre la interacción entre el autoconsumo y el diseño de los peajes de acceso para los consumidores.

Palabras clave: autoconsumo, transición energética, comunidad energética, edificios de viviendas, cambio climático.

Abstract

PV based self-consumption contributes to energy transition at different levels and allows an active participation of citizens in the electricity system. The legal framework of self-consumption in Spain was recently updated, removing regulatory barriers to the deployment of behind the meter PV. In this work, the case of collective self-consumption in residential buildings is analysed under the new regulation. To do so, optimal PV installations are calculated and compared for different regions in Spain. Results showed that self-consumption allows for economic savings together with solar penetrations of around 30 por 100. In addition, electricity storage is not expected to play a key role, at least in the short-term. Additionally, potential improvements to the new regulation are proposed, in particular the possibility of including the benefits of avoided transmission losses in the remuneration of PV surplus injected into the grid. Final remarks are provided regarding the interaction between self-consumption and the design electricity tariffs.

Keywords: self-consumption, energy transition, climate change, residential buildings, energy community.

JEL classification: O30, Q40, R00.

EL AUTOCONSUMO EN EDIFICIOS DE VIVIENDAS BAJO LA PERSPECTIVA DEL NUEVO MARCO LEGISLATIVO

Cristóbal GALLEGO-CASTILLO (*)

Marta VICTORIA (**)

Observatorio Crítico de la Energía

Miguel HELENO

Lawrence Berkeley National Laboratory

I. INTRODUCCIÓN

ES necesario que la ciudadanía tenga un papel clave en la lucha contra el cambio climático. La Unión Europea (UE) respalda esta idea en su paquete «Energía limpia para todos los europeos» al reconocer a los consumidores el derecho a generar, almacenar, consumir y vender su propia electricidad en condiciones justas (Directiva UE, 2018/2001). Este cambio de paradigma, que apela fundamentalmente al desarrollo de las comunidades de energías renovables y del autoconsumo basado en la generación fotovoltaica, conllevará aspectos muy positivos a varios niveles. Para empezar, a nivel ambiental, por la reducción de emisiones asociada al mayor uso de energías renovables. También a nivel técnico, ya que la generación local supone menores pérdidas en el transporte de electricidad y modera la necesidad de nuevas redes de transporte. Por otro lado, a nivel económico, el despliegue del autoconsumo supone la movilización de nuevos recursos financieros para la transición energética provenientes de la ciudadanía. Además, la energía fotovoltaica distribuida tiene asociadas mayores tasas de empleo por MW instalado que, por ejemplo, la energía fotovoltaica a gran escala (UKERC, 2014). Finalmente,

a nivel social, el autoconsumo favorece la redistribución de los beneficios de la generación eléctrica, a día de hoy capturados por un oligopolio.

Actualmente, los diferentes países de la UE se encuentran en el proceso de definir su propio marco legislativo nacional para el autoconsumo y las comunidades de energías renovables coherente con la estrategia europea. España, con la reciente publicación del Real Decreto 244/2019 (Real Decreto 244/2019, en adelante nombrado RD), terminó con el bloqueo *de facto* que mantenía sobre el autoconsumo. Dicho RD define, entre otros aspectos, las modalidades de autoconsumo, las condiciones económicas para estas instalaciones, en particular en lo referente a la retribución para el excedente de electricidad vertida a la red, y la posibilidad de realizar autoconsumo compartido.

Por otro lado, en lo que respecta al consumo de energía en el sector residencial, hay un amplio margen para aumentar la generación renovable y, por tanto, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a este sector que, en algunos casos como el uso de gas natural, empeoran la calidad del aire en las ciudades. Según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la

GRÁFICO 1
DESGLOSE DEL CONSUMO DE
ENERGÍA FINAL POR FUENTES
EN EL SECTOR RESIDENCIAL
EN ESPAÑA EN 2017



Fuente: IDAE (<https://www.idae.es/estudios-informes-y-estadisticas>).

Energía (IDAE), en 2017, el sector residencial fue responsable del 18 por 100 del consumo de energía final. Dicho consumo residencial se desglosa por fuentes en el gráfico 1. Es relevante observar que el 69 por 100 tuvo origen no renovable. Por otro lado, solo el 39 por 100 del total corresponde a electricidad. En este escenario queda claro que el autoconsumo tiene un margen importante para aumentar el uso de energías renovables a nivel doméstico, más aún si se acompaña de una mayor electrificación en algunos consumos.

En este contexto, cabe preguntarse si, además de las ventajas antes mencionadas, el autoconsumo representa una opción rentable para el consumidor, una vez eliminadas ciertas barreras y bajo las condiciones del recién estrenado marco legislativo. En este artículo presentamos resultados de un análisis de instalaciones óptimas de autoconsumo en edificios de viviendas a nivel regional. Además, planteamos cuestiones que, o bien no han sido abordadas en el RD, o bien son, en nuestra opinión, mejorables, de cara a lograr un marco legal más justo para que la ciu-

dadanía pueda participar de un futuro sistema energético sostenible.

II. PRINCIPALES ASPECTOS DEL MARCO LEGAL DEL AUTOCONSUMO EN ESPAÑA

Las instalaciones de autoconsumo son aquellas donde parte o toda la energía que se genera es utilizada en un punto de consumo cercano, siendo el ejemplo más característico la instalación de un conjunto de paneles fotovoltaicos en el tejado de una vivienda que suministran electricidad a la misma. Hasta abril de 2019, el desarrollo de estas instalaciones estuvo seriamente obstaculizado en España. En un primer momento por la ausencia de regulación y, más tarde, por la existencia de una normativa que desincentivaba las mismas al incluir medidas muy perjudiciales y contrarias a las normativas de autoconsumo que se aprobaban en otros países (Ramiro, González, Victoria y Castillo, 2016; IEA, 2016). Finalmente, la aprobación del Real Decreto 244/2019 instauró un marco legislativo razonable que permite el desarrollo de las instalaciones de autoconsumo.

El RD elimina el tristemente famoso impuesto al sol, es decir, la generación de los paneles fotovoltaicos cuya energía es consumida instantáneamente en la vivienda, sin pasar por la red eléctrica, queda exenta de cualquier imposición. Además, establece la retribución de la energía que la instalación vierta a la red y permite esquemas de autoconsumo compartido.

La actual normativa especifica dos modalidades de insta-

laciones de autoconsumo: sin y con excedentes. Las primeras son aquellas que no vierten a la red su exceso de generación, por lo que desde el punto de vista del resto del sistema se pueden considerar meros consumidores. Dentro de las instalaciones con excedentes, existen dos tipos: las no acogidas a compensación y las acogidas a compensación. Las instalaciones con potencia superior a 100 kW deberán ser obligatoriamente del primer tipo y vender su electricidad en el mercado mayorista. Aquí nos centraremos en describir la norma aplicable a las instalaciones del segundo tipo, es decir, con excedentes y acogidas a compensación. Se incluyen en este tipo tanto instalaciones domésticas con una potencia de unos pocos kilovatios, como aquellas que suministran electricidad a pequeños negocios o naves industriales.

Estos autoconsumidores deben importar de la red la electricidad que consuman en los momentos donde la generación de los paneles no sea suficiente para cubrir la demanda, pagando por ello el precio que hayan acordado con su comercializadora o el precio voluntario para el pequeño consumidor (PVPC) si disponen de un contrato con un comercializadora de referencia. Por otro lado, la electricidad que la instalación de autoconsumo exporte a la red eléctrica les será retribuida a un precio horario variable que depende del precio del mercado mayorista, como se detalla más adelante. La compañía comercializadora será la encargada de facturar al autoconsumidor el importe neto resultante. El balance se realizará con periodicidad mensual y no podrá ser negativo, es decir, si la retribución por la energía ex-

portada a la red es mayor que el coste de la energía importada, el balance será cero y el autoconsumidor estará *de facto* regalando el exceso a la red.

La normativa actual permite que varios consumidores que estén próximos (1), por ejemplo, vecinos de un mismo edificio, compartan una misma instalación de generación. En este caso, los consumidores deberán indicar unos coeficientes, fijos en el tiempo, que determinarán cómo se reparten entre ellos la electricidad generada por la instalación. Por último, es también reseñable que la nueva normativa establece que, para todas las modalidades de autoconsumo, el consumidor y propietario de la instalación podrán ser personas físicas o jurídicas diferentes.

III. ANÁLISIS REGIONAL DE INSTALACIONES DE AUTOCONSUMO EN EDIFICIOS DE VIVIENDAS

En esta sección presentamos los resultados de un estudio del autoconsumo en España a nivel regional. Para ello se considera el caso de una instalación compartida para el edificio medio de cada comunidad autónoma, y se obtiene la instalación óptima desde el punto de vista de la rentabilidad económica. El primer apartado presenta brevemente el funcionamiento de la herramienta informática empleada (*DER-CAM*). En el segundo se detallan las bases de datos empleadas para determinar el recurso solar en cada región, el precio de la electricidad, la estimación de edificios medios, etc. Finalmente, en el tercer apartado se presentan los resultados, y se acompañan de algunas reflexiones.

1. La herramienta DER-CAM

DER-CAM (Distributed Energy Resources Customer Adoption Model) es una herramienta desarrollada por el Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley (LBNL) para la planificación económica de recursos distribuidos a nivel de consumidor y de microrredes. Cuenta con una amplia difusión a nivel internacional y ha sido empleada en numerosos estudios científicos (Stadler *et al.*, 2014; Armendáriz *et al.*, 2017).

A partir de una serie de datos específicos de un proyecto (curso solar, perfiles de demanda eléctrica, precio horario de la electricidad, etc.), *DER-CAM* calcula qué recursos distribuidos (paneles fotovoltaicos, baterías, etc.) y en qué cantidad son necesarios para minimizar el coste del consumidor a lo largo de la vida útil del proyecto. En el proceso de optimización se tienen en cuenta numerosos parámetros técnicos y económicos, tales como costes de inversión, operación y mantenimiento, eficiencias eléctricas, etc. Además, *DER-CAM* admite la posibilidad de incluir restricciones relativas a cuestiones de política energética (como el período de tiempo empleado para calcular balances entre la electricidad excedentaria y la consumida de la red). Debido a las diferentes vidas útiles de los elementos empleados (un panel dura varias veces más que una batería), el coste minimizado en el problema es el coste anual equivalente (CAE), obtenido para una tasa de descuento anual prefijada. Es decir, el CAE representa el coste anualizado de la energía para el consumidor teniendo en cuenta inversiones y costes de operación y mantenimiento a lo

largo de toda la vida útil de la instalación.

2. Bases de datos empleadas

Con el objetivo de aplicar la herramienta *DER-CAM* al caso del autoconsumo en edificios de viviendas en España, se han empleado las siguientes bases de datos:

- *Censos de Población y Viviendas 2011* (2) del Instituto Nacional de Estadística. Se han empleado para caracterizar los edificios medios de viviendas de cada comunidad autónoma. En concreto, se han obtenido los siguientes parámetros:
 - Número medio de viviendas por edificio.
 - Superficie media de tejado por edificio.
- Perfiles finales de consumo de electricidad horario, publicados por Red Eléctrica de España (REE) (3). Estos perfiles se emplean cada año en la liquidación de la energía a consumidores que no disponen de contador horario, y, por tanto, representan la mejor estimación del consumo horario para las diferentes tarifas eléctricas. En concreto, se han empleado los perfiles de 2018 relativos a las tarifas 2.0 y 2.1:
 - Sin discriminación horaria (A).
 - Con discriminación horaria de dos períodos (DHA).
 - Con discriminación horaria de tres períodos (DHS).

- Precios horarios de la electricidad en 2018 para consumidores PVPC, publicados por REE (4).
- Datos sobre consumidores eléctricos publicados por la CNMC (2018) y de consumo del sector residencial en España publicados por el IDAE. Se han empleado para obtener:
 - Una estimación del consumo eléctrico medio por hogar para cada comunidad autónoma.
 - Una estimación a nivel nacional de la proporción de consumo eléctrico correspondiente a clientes con tarifa A (74,74 por 100), DHA (25,19 por 100) y DHS (0,07 por 100).
- Perfiles de recurso solar para cada comunidad autónoma, obtenidos a partir de la base de datos de irradiación de reanálisis CFSR (*Climate Forecast System Reanalysis*) con resolución espacial de 40x40 km y resolución temporal horaria.

En el cuadro n.º 1 se muestran los datos de los edificios medios de viviendas y la estimación del consumo eléctrico medio por hogar para cada comunidad autónoma. En el mapa 1 se muestra el recurso solar de cada comunidad autónoma expresado como factor de capacidad fotovoltaico promediado a partir de treinta y ocho años de reanálisis.

3. Resultados regionales

El uso combinado de *DER-CAM* y de las bases de datos anteriormente descritas permite obtener las características y la viabilidad de una instalación de autoconsumo comunitaria óptima para

CUADRO N.º 1

DATOS DE LOS EDIFICIOS MEDIOS DE VIVIENDAS Y LA ESTIMACIÓN DEL CONSUMO ELÉCTRICO MEDIO POR HOGAR PARA CADA COMUNIDAD AUTÓNOMA

REGIÓN	SUPERFICIE DE TERRAZA (M ²)	HOGARES POR EDIFICIO	CONSUMO ELÉCTRICO ANUAL (kWh)
MEDIA NACIONAL	112,9	2,7	3.487
Madrid	167,8	5,3	2.933
Cataluña	120,2	3,4	4.074
Andalucía	102,8	2,2	3.030
Galicia	98,8	2,1	4.208
Valencia	131,2	3,1	2.756
Castilla y León	92,6	2,0	3.246
Castilla-La Mancha	116,2	1,6	3.080
País Vasco	162,6	6,8	5.080
Islas Canarias	119,5	2,4	2.889
Murcia	153,7	2,1	3.425
Aragón	132,6	2,7	4.551
Islas Baleares	114,3	2,4	3.203
Extremadura	128,1	1,6	2.938
Asturias	193,6	3,3	5.637
Navarra	128,0	2,7	5.332
Cantabria	197,0	3,2	3.922
La Rioja	151,0	3,2	3.279

Fuente: Elaboración propia.

MAPA 1

RECURSO SOLAR DE CADA COMUNIDAD AUTÓNOMA EXPRESADO COMO FACTOR DE CAPACIDAD FOTOVOLTAICO PROMEDIADO A PARTIR DE 38 AÑOS DE DATOS DE REANÁLISIS



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de reanálisis CFSR (*Climate Forecast System Reanalysis*).

CUADRO N.º 2

**RESULTADOS PARA EL CASO DE REFERENCIA: PRECIO PV = 2.000 EUROS/KW,
SIN COMPENSACIÓN POR EXCEDENTES**

REGIÓN	POTENCIA PV POR HOGAR (KW) ¹	TECHO OCUPADO EN EDIFICIO (%) ²	AHORRO EN COSTE ANUALIZADO (%)	ENERGÍA SOLAR (SOBRE CONSUMO) (%)
MEDIA NACIONAL	0,79	18,6	5,4	31,3
Madrid	0,62	19,4	8,7	32,0
Cataluña	0,90	25,1	7,1	31,7
Andalucía	0,65	13,9	7,2	32,9
Galicia	0,98	21,0	2,7	29,1
Valencia	0,61	14,3	7,4	33,0
Castilla y León	0,71	15,1	4,5	30,7
Castilla-La Mancha	0,66	9,2	5,2	32,3
País Vasco	1,19	49,7	2,0	26,5
Islas Canarias	0,59	12,1	8,7	33,1
Murcia	0,74	9,9	7,3	33,2
Aragón	0,99	20,0	7,5	31,7
Islas Baleares	0,70	14,4	5,2	30,9
Extremadura	0,63	7,7	5,0	32,4
Asturias	1,35	22,7	2,3	28,0
Navarra	1,22	25,8	4,5	29,7
Cantabria	0,92	14,7	0,8	26,7
La Rioja	0,74	15,8	5,0	30,3

Notas: ¹En esta columna se indica la potencia de la instalación dividida por el número de hogares en el edificio. Dado que el número de hogares del edificio medio cambia en cada comunidad, la ratio mostrada es más informativa que la potencia total de la instalación.

²El techo ocupado sí es de la instalación completa, no de la parte correspondiente a un hogar.

Fuente: Elaboración propia.

el edificio medio de cada comunidad autónoma. Como caso de referencia se ha asumido la modalidad de autoconsumo no acogida a compensación de excedentes, un coste de inversión en paneles de 2.000 euros/kW, en baterías de 500 euros/kWh, un coste despreciable de operación y mantenimiento, una vida útil de veinte años para los paneles (lo que representa un valor muy conservador, ya que pueden durar entre veinticinco y treinta años) y de ocho años para las baterías, un coste fijo de 500 euros para aquellos elementos de la instalación que no dependen del tamaño de la

misma, como el contador o el cableado, un factor de ocupación de los paneles de 10 m² de tejado por kW instalado y una tasa de descuento anual del 2 por 100. Esta tasa se ha fijado considerando la vida útil de la instalación y la rentabilidad de la deuda española, actualmente del 1,85 por 100 a quince años y del 2,7 por 100 a treinta años. Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro n.º 2.

Se observa que, desde el punto de vista únicamente de la rentabilidad para los consumidores, las instalaciones de autoconsumo compartido tienen sentido

en todo el territorio, ya que, en caso contrario, se obtendría que lo óptimo es no instalar paneles. La penetración de la energía solar en el consumo eléctrico es de aproximadamente el 30 por 100, y el coste anualizado de la energía se reduce entre el 4,5 por 100 y el 8,7 por 100, según la comunidad, a excepción de las regiones con menor recurso solar (Galicia, País Vasco, Asturias y Cantabria), donde los ahorros son inferiores al 3 por 100.

El tamaño de la instalación necesaria en cada caso implica ocupar un porcentaje de techo del edificio que no supera el 25 por 100 (salvo en el caso del País Vasco), lo que indica que, para un edificio promedio, sería relativamente factible evitar las pérdidas por sombreado y asegurar la compatibilidad con otros usos de la terraza (como la presencia de antenas o ascensores).

Es interesante observar que para las regiones con menor recurso solar anteriormente mencionadas los porcentajes de penetración solar obtenidos (entre el 26 por 100 y el 29 por 100) son muy próximos a la media nacional. Esto significa que incluso en estas comunidades el autoconsumo puede jugar un papel relevante en la consecución de otros objetivos, tales como el aumento de la penetración renovable en la matriz energética (y la consiguiente reducción de emisiones), el fomento de la generación eléctrica local (cuyos beneficios económicos por reducción de pérdidas en la red de transporte o sociales no están integrados en el algoritmo empleado) o el afloramiento de nuevos recursos financieros para la transición provenientes de la ciudadanía. Por tanto, y con el objetivo de capturar los mencio-

nados beneficios, la implementación de medidas locales para el incentivo del autoconsumo puede tener sentido en aquellas regiones donde la rentabilidad económica para el consumidor no fuera suficiente para incentivar su instalación. Un ejemplo de medida sería la concesión de créditos blandos. Este tipo de medidas puede además alinearse con la consecución de otros objetivos prioritarios, como la lucha contra la pobreza energética (5), orientando los créditos no solo a las regiones con menor recurso solar, sino también a las familias de todo el territorio que se encuentran en riesgo de pobreza energética. De esta manera, se lograría un mayor efecto combinado de beneficios del autoconsumo.

Por último, remarcamos que en ningún caso las baterías formaron parte de la instalación óptima, al resultar demasiado caras para el beneficio que aportarían. En el apartado siguiente se analiza con detalle este fenómeno.

IV. PRECIOS UMBRAL DE PANELES Y BATERÍAS PARA VIABILIZAR EL AUTOCONSUMO EN EDIFICIOS

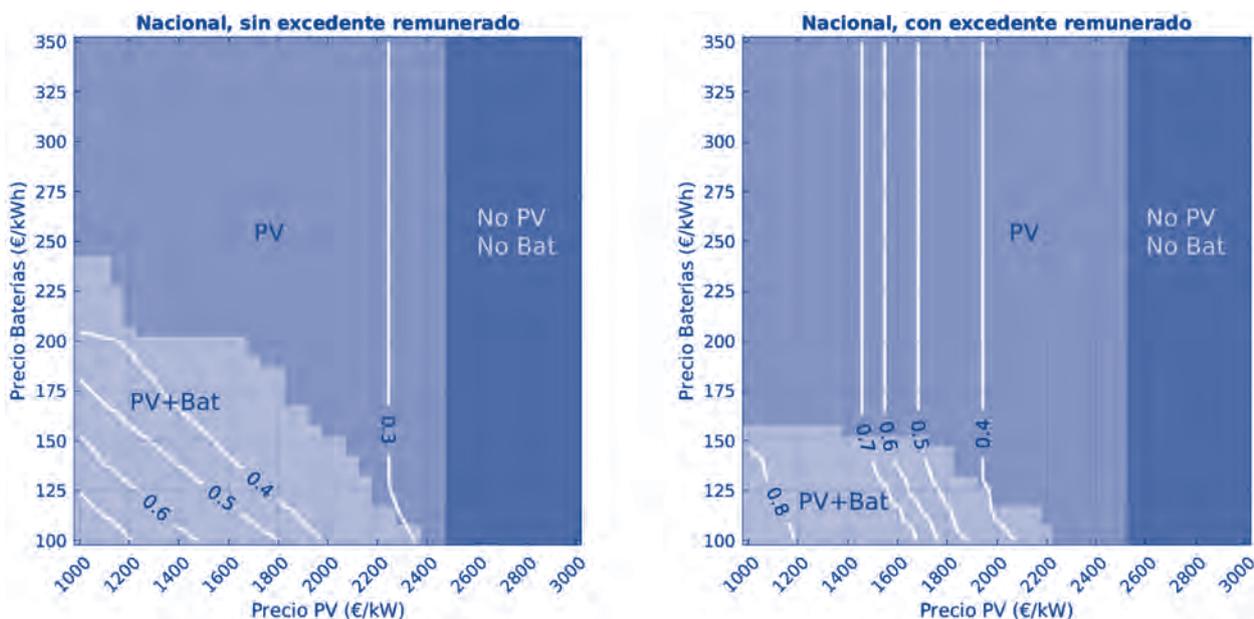
En esta sección se realiza un análisis de sensibilidad sobre dos parámetros: el coste económico de los paneles fotovoltaicos y de las baterías. Como resultado del análisis se obtienen los precios frontera a partir de los cuales una instalación de autoconsumo es rentable para los consumido-

res, y si la configuración óptima debe incluir o no baterías.

Los resultados se muestran en el gráfico 2 para el caso del edificio medio nacional. A la izquierda se muestra el caso de instalaciones sin compensación por excedentes, y a la derecha el caso de compensación de los excedentes según el marco actual. Además, se han representado mediante curvas de nivel la fracción de penetración solar sobre consumo alcanzado en cada caso (cada combinación de precios de panel y de batería tiene asociada una instalación óptima, con una potencia instalada asociada y por tanto con una penetración renovable concreta).

Como se aprecia en el gráfico 2, el precio frontera a partir

GRÁFICO 2
CONFIGURACIÓN DE LA INSTALACIÓN ÓPTIMA PARA EL EDIFICIO MEDIO NACIONAL EN FUNCIÓN DEL PRECIO DEL PANEL FOTOVOLTAICO Y DE LA BATERÍA. LOS COLORES INDICAN PARA QUÉ COMBINACIONES DE PRECIOS LA INSTALACIÓN DE AUTOCONSUMO ÓPTIMA INCLUYE PANELES Y BATERÍAS (AZUL CLARO), SOLAMENTE PANELES (AZUL MEDIO) O NO ES RENTABLE (AZUL OSCURO). LAS CURVAS DE NIVEL INDICAN LA FRACCIÓN DEL CONSUMO ELÉCTRICO CUBIERTO POR AUTOCONSUMO



Fuente: Elaboración propia.

del cual la instalación de autoconsumo no conlleva un ahorro directo a los consumidores oscila en torno a los 2.500 euros/kW. Este valor varía según la comunidad autónoma considerada entre 2.100 euros/kW (Cantabria) y 2.900 euros/kW (Madrid e Islas Canarias). El descenso del coste de la fotovoltaica ha sido tal en los últimos años que los precios de mercado de las instalaciones se encuentran por debajo de este intervalo.

Para el caso de las baterías la situación es más desfavorable, ya que se requieren precios en torno a los 150–200 euros/kWh para que la instalación óptima las incluya. Estos valores están alejados de su precio actual, pero podrían alcanzarse en la próxima década (Schmidt *et al.*, 2017). Este umbral de precio tan bajo indica que las baterías aportan poco valor añadido a la instalación. Esto puede deberse a que, con los datos empleados de 2018, el excedente solar se produce en horas (mediodía) en las que la electricidad es típicamente más cara en el mercado. Para el caso «sin excedente remunerado», esto significa que el excedente acumulado se destinaría a consumos en horas posteriores (tarde o noche) en las que la electricidad es más barata, por lo que el coste de la batería debe ser bajo para que resulte más rentable que tomar electricidad de la red. Por otro lado, para el caso de «excedente remunerado», en realidad resultaría más rentable venderla (ya que la remuneración está relacionada con el precio de mercado, que es elevado en el momento de generar el excedente) que invertir en baterías para acumularla para su posterior uso o venta en horas de precio barato.

Sin embargo, este bajo valor añadido de las baterías en una instalación de autoconsumo podría aumentar en un escenario en el que la fotovoltaica pasase a ser una fuente de generación principal a nivel nacional, invirtiendo la situación actual de precios caros durante el día y bajos durante la noche. En este sentido, cabe puntualizar que este estudio no ha considerado el impacto del autoconsumo o del despliegue masivo de la fotovoltaica en los precios del mercado, lo cual es aceptable para al menos los próximos años (pero no cuando la potencia fotovoltaica total instalada en el sistema eléctrico sea muy elevada). En cualquier caso, la conclusión es que no se espera que las baterías jueguen un papel relevante en las instalaciones de autoconsumo en los próximos años, al menos hasta que las baterías experimenten un descenso de precio considerable y/o que el diferencial de precios entre el día y la noche en el mercado de electricidad se invierta o, al menos, se reduzca.

Finalmente, cabe mencionar que el análisis realizado no contempla el papel que podrían jugar las baterías desde el punto de vista de la gestión del sistema eléctrico, por ejemplo, para moderar los gradientes de demanda que se observarían en la puesta de sol en un caso de alta penetración fotovoltaica. La valorización económica de estos servicios (lo que significa el desarrollo de la figura del agregador de demanda u otras medidas de gestión de la demanda) podría dar una nueva perspectiva al papel de las baterías en las comunidades energéticas.

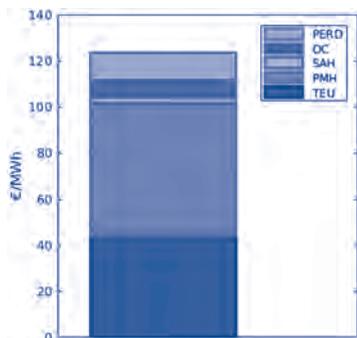
V. UNA PROPUESTA SOBRE EL VALOR DE LA ENERGÍA EXCEDENTARIA

Como ya se ha mencionado, el reciente marco legislativo del autoconsumo permite una modalidad para la cual la energía excedentaria vertida a red es remunerada. El mecanismo de compensación consiste en restar el valor económico de la energía vertida al valor económico de la energía consumida en un determinado período tarifario (que no debe ser superior a un mes). Esta diferencia no puede ser negativa en ningún caso.

Una característica importante de este mecanismo es que el precio al que se valora el kWh tomado de la red y el kWh vertido es diferente, siendo el segundo menor que el primero. El RD define con precisión los valores a usar para el caso de clientes acogidos al PVPC. Por otro lado, para aquellos que optasen por un contrato con una comercializadora del libre mercado los dos precios (el de la energía tomada y de la vertida a red) han de acordarse bilateralmente. Sin embargo, en la práctica, cabe esperar que lo definido para los autoconsumidores con un contrato PVPC actúe como referencia para las comercializadoras del mercado libre, de modo que lo definido en el RD sería *de facto* un marco para todos los autoconsumidores.

A continuación, para contextualizar los diferentes precios empleados para valorar la energía tomada y vertida a la red, se incluye un breve desglose del precio de la electricidad. Se observará que el precio empleado para valorar el excedente no incluye el coste de las pérdidas asociadas al transporte y distri-

GRÁFICO 3
COMPONENTES DEL PRECIO
DE LA ELECTRICIDAD EN 2018



Nota: Consultar descripción en la sección V.

Fuente: https://www.esios.ree.es/es/descargas?date_type=datos&start_date=01-01-2018&end_date=31-12-2018

bución de la electricidad. Por ello, posteriormente se planteará una propuesta para valorar las pérdidas evitadas y se simulará su impacto en la rentabilidad de una instalación de autoconsumo.

El gráfico 3 muestra el desglose del precio PVPC en sus componentes para el caso de la tarifa 2.0 A (promedio de valores horarios para el año 2018) (6). El PVPC tiene dos componentes: el término de energía de los peajes de acceso (TEU, según la nomenclatura empleada en REE (7), y representada por el bloque con borde azul oscuro en el gráfico) y el precio de producción (TCU, compuesto por todos los bloques con azul medio):

$$\text{PVPC} = \text{TEU} + \text{TCU}$$

El TCU se divide en el coste de producción (CP, formado por tres bloques azules medio-oscuro) y el coste asociado a pérdidas (PERD, bloque azul claro):

$$\text{TCU} = \text{CP} + \text{PERD}$$

Los tres bloques azules medio-oscuro del coste de producción corresponden a PMH (mercados diario e intradiario), SAH (servicios de ajuste) y OC (otros costes).

$$\text{CP} = \text{PMH} + \text{SAH} + \text{OC}$$

Por otro lado, las pérdidas PERD se calculan como un porcentaje de CP. Este porcentaje era fijo e igual al 14 por 100 (Sancha, 2014), pero con la introducción del PVPC pasó a depender de la hora. En promedio, para 2018 y la tarifa 2.0A, este porcentaje fue de 17,6 por 100.

Volviendo al mecanismo del RD, para definir la compensación por energía excedentaria, la energía tomada de la red por el autoconsumidor se valora económicamente empleando el TCU (el conjunto de bloques con borde azul oscuro del gráfico 4). El valor medio del TCU en 2018 fue de 79,3 euros/MWh. Por otro lado, la energía excedentaria vertida a la red por el autoconsumidor se valora económicamente empleando el PMH (el mayor de los tres bloques azules medio-oscuro del gráfico 3). Su valor medio en 2018 fue de 57,2 euros/MWh. Esto significa que, en promedio, por cada kWh excedentario vertido, el autoconsumidor puede tomar de la red solamente 0,72 kWh.

El hecho de que el valor de la energía vertida por un autoconsumidor no incluya el coste de las pérdidas es un aspecto bastante discutible. En la práctica (y mientras el autoconsumo no alcance una penetración muy elevada), la energía vertida por un autoconsumidor será típicamente consumida por otro consumidor cercano, reduciendo la

necesidad de generación lejana y sus consecuentes pérdidas. Por tanto, el autoconsumo tiene el potencial de reducir las pérdidas del sistema, y puesto que la inversión que permite este beneficio la realiza el autoconsumidor, es este el que debe recibir el valor económico de las pérdidas evitadas. Sin embargo, con lo definido por el RD, la beneficiaria resultaría ser la comercializadora, ya que es esta la responsable del balance de energía. Esto significa que si en una determinada hora la cartera de clientes de una comercializadora consume 100 MWh y los clientes con autoconsumo de dicha comercializadora vieran 10 MWh de excedentes, la comercializadora solo tomaría 90 MWh en el mercado eléctrico, pero al facturar a sus clientes lo haría por un total 100 MWh. Lo cobrado por los 10 MWh de diferencia sería empleado en compensar el excedente, pero como dicho excedente se valora con un precio que no incluye la componente de pérdidas, el valor económico de estas pérdidas quedaría en la comercializadora.

Por tanto, pensamos que la actual legislación debería modificarse para que las compensaciones por energía excedentaria sean más justas, mediante la inclusión del valor económico de las pérdidas ahorradas en la compensación. Esto eliminaría un perjuicio que la ley actual impone al autoconsumo.

A continuación, se plantea un análisis para evaluar el impacto de esta propuesta. En este análisis se comparan los resultados obtenidos al optimizar una instalación de autoconsumo considerando tres modalidades de compensación de excedentes:

- Sin remuneración a los excedentes (modalidad «sin excedentes»).
- Con remuneración de excedentes (modalidad «con excedentes acogidos a compensación»).
- Con remuneración de excedentes, incluyendo el valor económico de las pérdidas (PERD).

El gráfico 4 muestra la penetración solar sobre el consumo y el porcentaje de ahorro del coste anualizado de la energía debidos a la instalación óptima de autoconsumo, en función de las tres políticas de remuneración y para algunas comunidades autónomas representativas y la media nacional.

Se observa que la compensación del excedente, tal como se plantea en el RD, tiene un doble beneficio comparado con el caso de excedente no remunerado, ya que aumenta sensiblemente tanto el ahorro como la penetración solar; para el caso del edificio medio nacional, el ahorro aumenta en +0,7 puntos porcentuales, y la penetración solar en +7,4 puntos porcentuales.

Por otro lado, también se observa que la propuesta planteada de incluir el valor de las pérdidas en la compensación tendría un impacto notable, ya que se producen aumentos de +1 y +11,8 puntos porcentuales respectivamente con respecto al caso de «sin compensación».

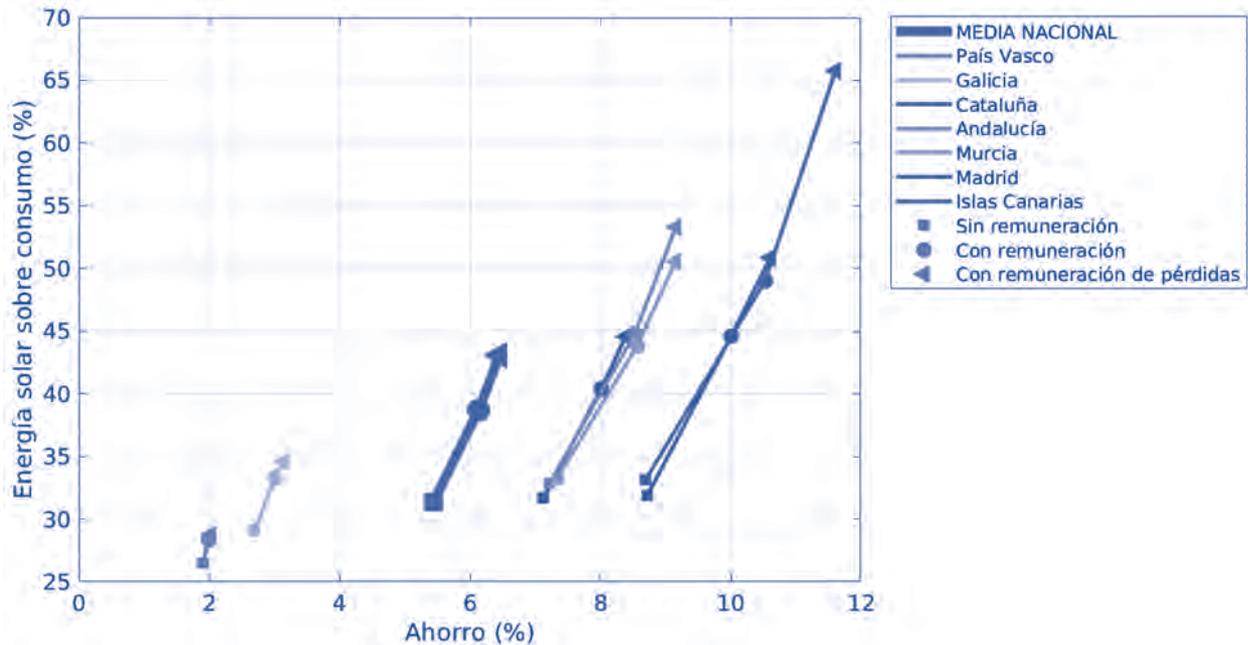
ción», esto es, en torno a un 60 por 100 más que con el esquema de compensación actual. El gráfico también muestra que el impacto de la propuesta varía según el recurso solar, siendo las comunidades con mayor recurso aquellas en las que se obtendría un mayor beneficio porcentual.

VI. OTROS ASPECTOS PARA UN MEJOR MARCO REGULADORIO DEL AUTOCONSUMO EN ESPAÑA

Además de lo mencionado en los apartados anteriores, hay varios aspectos mejorables en el marco legal actual del autoconsumo que queremos poner sobre la mesa.

GRÁFICO 4

PORCENTAJE DE ENERGÍA SOLAR SOBRE CONSUMO Y PORCENTAJE DE AHORRO SOBRE COSTE ANUALIZADO DE LA ENERGÍA, EN FUNCIÓN DE LAS TRES MODALIDADES DE REMUNERACIÓN DE EXCEDENTES



Notas: Resultados para un coste de la fotovoltaica de 2.000 euros/kW.

Los cuadrados corresponden a instalaciones sin remuneración a los excedentes, los círculos a instalaciones con remuneración de excedentes, y los triángulos a instalaciones con remuneración de excedentes incluyendo el valor económico de las pérdidas. Las comunidades autónomas indicadas en la leyenda (de arriba abajo) aparecen en el gráfico de izquierda a derecha. La media nacional aparece en línea más gruesa.

Fuente: Elaboración propia.

– *La propiedad de la instalación*

En el pasado, en un sistema eléctrico que contaba con grandes plantas de generación, eran necesarias inversiones de tal magnitud que solo grandes compañías o el propio Estado podían hacer frente a ellas. Este aspecto está en el origen de la formación de los actuales oligopolios eléctricos. La baja competencia favorece que estas compañías puedan recibir unos beneficios notablemente superiores a los que obtendrían en una situación de competencia real, a costa de los elevados precios de la electricidad que soportan los consumidores finales. Las energías renovables, y en particular el autoconsumo con paneles fotovoltaicos, gracias a su carácter distribuido, suponen un cambio de paradigma, permitiendo la entrada de otros actores como pequeñas empresas, cooperativas y ciudadanos en el sistema eléctrico. De hecho, la irrupción de las renovables en otros países como Dinamarca o Alemania se ha traducido en una mayor distribución de la propiedad de la generación. Por ejemplo, en Alemania el 47 por 100 de la potencia renovable está en manos de ciudadanos, cooperativas y pequeños consumidores (Ramiro, González, Victoria y Castillo, 2016; IEA, 2016). En estos momentos, una vez que la energía solar fotovoltaica ha alcanzado un precio muy competitivo con otras tecnologías, resulta ilusorio pensar que las grandes empresas eléctricas no intentarán aprovechar su posición dominante para extender también su control a la fotovoltaica. Es por ello por lo que la regulación del autoconsumo debe incluir los mecanismos adecuados para garantizar el acceso de nuevos actores a estos sistemas, estableciendo procedimientos que incentiven de forma activa

la participación de la ciudadanía. Simultáneamente, la normativa debería desincentivar que las empresas del oligopolio eléctrico extiendan su capacidad de influencia también a esta tecnología.

Sorprendentemente, una de las modificaciones incluidas en el RD tiene una orientación contraria a este objetivo. La actual normativa ha levantado el veto existente que impedía que los operadores dominantes del sector eléctrico actuasen como representantes de las instalaciones de producción con tecnología renovable, es decir, aquellas acogidas a la modalidad de autoconsumo con excedentes sin compensación. En nuestra opinión, esta medida no está destinada a favorecer una mayor participación de nuevos actores en el sistema eléctrico.

– *Flexibilidad para las comunidades energéticas*

La Directiva europea de energías renovables establece que los Estados miembros deben garantizar que los consumidores domésticos pueden participar en comunidades ciudadanas de energías renovables manteniendo sus derechos y obligaciones como consumidores finales y bajo condiciones que no sean discriminatorias (Directiva UE, 2018). Las instalaciones de autoconsumo compartido suponen una concreción práctica de estas comunidades energéticas. En nuestra opinión, es probable que, tras décadas en las que los consumidores han tenido un papel pasivo en el sistema eléctrico, la organización entre vecinos y pequeños comercios para formar estas comunidades no se generalice de forma espontánea, por lo que las autoridades locales deberían jugar un

papel importante en impulsar y facilitar estas dinámicas. Por otro lado, existen algunas modificaciones a la normativa vigente que permitirían una mayor flexibilidad a la hora de implantar instalaciones de autoconsumo. Una de ellas tiene que ver con permitir coeficientes de reparto dinámicos de la energía solar autogenerada, en lugar de fijos en el tiempo. Esto permitiría que, por ejemplo, en una instalación de autoconsumo compartida entre una vivienda en un edificio y un bajo comercial, la primera se atribuyese la energía generada principalmente por la tarde y en fin de semana, mientras que la segunda lo haría principalmente en horario comercial. Así se lograría una mayor flexibilidad a la hora de implantar instalaciones compartidas.

– *Flexibilidad en el balance de energía*

El período límite de un mes para realizar el balance entre la energía exportada e importada de la red merece también cierta reflexión. Aumentar este período a un año permitiría que la baja generación en invierno compensase la mayor producción en verano, lo cual haría más atractiva la inversión para los autoconsumidores, tanto individuales como colectivos.

– *El impacto de la tasa de descuento*

Las instalaciones de autoconsumo requieren que la inversión se realice en el primer año de la instalación, mientras que los ingresos que obtiene el autoconsumidor, es decir el ahorro en sus facturas de electricidad, se obtienen en años posteriores. Como consecuencia, la tasa de descuento asumida para una

instalación, en nuestro caso el 2 por 100, puede tener un impacto muy significativo en el ahorro sobre el coste anualizado. En algunos casos, el impacto de la tasa de descuento puede ser similar al que se deriva de tener un mayor o menor recurso solar por la región donde se encuentre la instalación. Una lectura directa de este resultado es que las medidas regulatorias que incentiven una reducción en la tasa de descuento aplicable, bien mediante la oferta de créditos blandos con bajo interés o bien mediante el mantenimiento de un marco regulatorio estable que reduzca el riesgo asociado a estas instalaciones, se traducen directamente en una menor incertidumbre a la hora de realizar inversiones en instalaciones de autoconsumo.

- *Crítica a la política de peajes con discriminación horaria. Su efecto en el autoconsumo y guías para reformularla*

Actualmente todos los consumidores tienen la opción de acogerse a tarifas con discriminación horaria. El caso más común es el de la tarifa de dos períodos (DHA), en la que el término de energía de los peajes de acceso (lo que pagamos en la factura para cubrir los costes regulados del sistema) es de unos 62 euros/MWh en período punta (diez horas al día en torno al mediodía) y 2 euros/MWh en período valle (el resto de las horas del día). Con ello se consigue una señal económica de 60 euros/MWh para que los consumidores trasladen su consumo hacia la noche, haciendo más uniforme la demanda a lo largo del día y facilitando la gestión técnica del sistema eléctrico. Esta señal, diseñada como herramienta de política energética, es más poderosa que la que logra por sí solo

el mercado de electricidad (en 2018, por ejemplo, la diferencia entre el precio de mercado en el momento más caro y más barato en un día solo alcanzó los 60 euros/MWh en dos ocasiones, y su valor medio a lo largo del año fue de tan solo 18 euros/MWh). Sin embargo, la definición de los períodos punta y valle se queda obsoleta en un contexto de integración de energías renovables en el sistema, como ya ha sucedido en California (8). Por ejemplo, la integración de grandes cantidades de energía solar se facilitaría si los consumidores trasladasen su consumo precisamente a las horas de mayor recurso solar, para lo cual se precisaría una señal opuesta a la obtenida con la tarifa actual de discriminación horaria. Esta contradicción afecta especialmente a los autoconsumidores incluso antes de que la energía solar alcance cotas elevadas de penetración a nivel país, ya que, como hemos visto en la sección II, la penetración solar para una instalación óptima en España es aproximadamente del 30 por 100. Por tanto, de cara a facilitar la penetración de renovables y el despliegue del autoconsumo, es necesario repensar las tarifas de discriminación horaria, de modo que estas incentiven el traslado del consumo no a los momentos del día donde dicho consumo es menor (típicamente la noche), sino a las horas en las que la diferencia entre el consumo y la generación renovable (conocida como hueco térmico) fuese mayor. Es previsible que estas horas varíen con cada estación y con el *mix* renovable instalado (por ejemplo, si la potencia instalada eólica predomina sobre la solar o viceversa). Pero se trataría de una herramienta de política energética flexible, predecible para los consumidores (al con-

trario que el precio del mercado eléctrico) y eficaz para facilitar un sistema eléctrico con alta penetración renovable.

VII. UN ÚLTIMO APUNTE SOBRE EL AUTOCONSUMO Y LOS PEAJES DE ACCESO

Una de las críticas que ha recibido el autoconsumo es su efecto en la recaudación de peajes de acceso, destinados a cubrir los gastos regulados del sistema eléctrico (Robinson, 2019). El motivo es que el autoconsumidor no paga el término de energía de los peajes de la electricidad que autoconsume, aunque cabe recordar que sí contribuye con la parte de los peajes que dependen de la potencia contratada. Dado que los costes regulados del sistema son unos determinados (y además estos varían poco con la electricidad consumida por todos los españoles), la consecuente reducción de ingresos debida al autoconsumo haría necesaria una subida de los peajes, lo que aumentaría el coste sobre todo para los no autoconsumidores. Este argumento se lleva a veces al extremo argumentando que si el autoconsumo solo pueden permitírselo las clases altas, entonces su efecto es regresivo y perjudicial para las clases bajas, ya que los primeros estarían evitando un coste que trasladarían a los segundos. Así, según apuntan los defensores de esta crítica, la solución pasaría por que los peajes que pagamos los consumidores sean principalmente por potencia contratada, no por energía consumida, de modo que se convierta en un pago esencialmente fijo, al margen de la electricidad que cada uno toma de la red.

Lo cierto es que esta medida tendría graves consecuencias sobre la eficiencia, es incoherente con otras medidas de política energética y pone en peligro la contribución de la ciudadanía en la transición energética. Si los peajes se trasladasen a los consumidores independientemente de su consumo eléctrico, nos aproximaríamos a una especie de tarifa plana, en la que consumir más o menos electricidad afectaría poco al importe de la factura. Esto, además de incentivar el derroche, haría que dejasen de ser rentables en muchos casos no solo el autoconsumo, sino cualquier medida de eficiencia energética (mejorar el aislamiento de la vivienda, comprarse electrodomésticos más eficientes, etc.).

Resulta interesante preguntarse qué crítica han recibido en el pasado aquellos que se han comprado bombillas más eficientes, y que al reducir su consumo eléctrico han reducido su contribución por peajes a los costes del sistema eléctrico. O qué críticas han recibido aquellos que, teniendo más facilidad para pasar su consumo a la noche, han seleccionado una tarifa con discriminación horaria, reduciendo formidablemente lo que pagan por peajes (como se ha dicho en el apartado anterior, con un diferencial de nada menos que 60 euros/MWh entre horas punta y valle). Sin embargo, ante la posibilidad del despliegue masivo del autoconsumo, que implicaría una redistribución de los beneficios de la generación eléctrica, este argumento se ha enarbolado hasta el punto de usarse para justificar el conocido impuesto al sol, recientemente eliminado.

También cabe plantearse si, además de centrarnos en la re-

caudación por peajes para sufragar los costes del sistema, deberíamos también reflexionar sobre cómo se definen esos costes regulados del sistema, y explorar la posibilidad de ajustarlos si se identifican actividades sobrerremuneradas. La CNMC ha tanteado recientemente esta posibilidad en el sector de la electricidad y del gas, provocando una fuerte reacción de las empresas que reciben estos pagos regulados (9).

En nuestra opinión, las señales que reciben los consumidores deben ser claras y deben ir en la dirección correcta. Aumentar el término fijo de la factura y aplazarla va en el sentido opuesto al deseado. El sistema debe premiar a aquellos que invierten sus recursos en aumentar la eficiencia y la generación renovable. Estas señales no deben atenuarse en favor de otros supuestos económicos teóricos que priorizan que si los costes del sistema son prácticamente fijos, la manera de trasladarlos a los consumidores también debe serlo. Por último, si existiesen evidencias de que aquellos que pueden llevar a cabo estas acciones (invertir en autoconsumo, electrodomésticos eficientes, rehabilitación de la vivienda, acogerse a una tarifa con discriminación horaria) fueran exclusivamente las clases más pudientes, entonces el problema sería de otra naturaleza (económico-social, no del sistema eléctrico), y deberían activarse los mecanismos fiscales necesarios para garantizar a todos el acceso a aquellas herramientas que necesitamos para la transición energética.

VIII. CONCLUSIONES

En este artículo hemos querido analizar el papel que puede

jugar el autoconsumo en los edificios de viviendas en España bajo las novedades introducidas por el reciente marco legislativo. Para ello, se han obtenido instalaciones de autoconsumo optimizadas desde el punto de vista de la rentabilidad económica del consumidor, a nivel regional y para el caso de edificios medios. Los resultados muestran que el autoconsumo es viable en todo el territorio, y que las instalaciones optimizadas proporcionan una cobertura de alrededor del 30 por 100 del consumo eléctrico, permitiendo rebajas en el coste de la energía para el consumidor en el entorno del 4,5 por 100 y el 8,7 por 100 (salvo en la cornisa cantábrica, donde el ahorro es positivo pero inferior al 3 por 100). Por otro lado, no parece que las baterías vayan a jugar un papel importante hasta que no se observen reducciones importantes del coste de almacenamiento y/o cambios en el diferencial del precio de la electricidad entre el día y la noche. Se han identificado algunos puntos discutibles de la actual legislación que se han acompañado de propuestas, especialmente el que tiene que ver con el mecanismo de compensación de excedentes, que actualmente excluye el valor de las pérdidas eléctricas evitadas, pero también otros aspectos como la propiedad de la instalación o posibles maneras de aumentar la flexibilidad para favorecer las comunidades energéticas. Finalmente, se ha discutido la interacción entre autoconsumo y el diseño de los peajes de acceso, argumentando que las palancas para la transición energética, es decir la eficiencia y el despliegue de renovables, deben primar a la hora de definir las señales que resultan del diseño de dichos peajes.

NOTAS

(*) Otra afiliación: Universidad Politécnica de Madrid.

(**) Aarhus University.

(1) La condición de proximidad se define en el Real Decreto 244/2019 como que la instalación de generación y el consumidor estén conectados a la misma red interior o por una red directa, que ambos estén conectadas a una misma red de baja tensión derivada del mismo centro de transformación, que la distancia entre ambos sea inferior a 500 m, o que ambos compartan la misma referencia catastral según los primeros 14 dígitos.

(2) https://www.ine.es/censos2011_datos/cen11_datos_resultados.htm

(3) <https://www.ree.es/es/actividades/operacion-del-sistema/medidas-electricas>

(4) https://www.esios.ree.es/es/descargas?date_type=datos&start_date=01-01-2018&end_date=31-12-2018

(5) Según el Observatorio Europeo de la Pobreza Energética (<https://www.energypoverity.eu/>) en España en 2018 más del 9 por 100 no pudo mantener su vivienda a una temperatura adecuada.

(6) https://www.esios.ree.es/es/descargas?date_type=datos&start_date=01-01-2018&end_date=31-12-2018

(7) https://www.esios.ree.es/es/descargas?date_type=datos&start_date=01-01-2018&end_date=31-12-2018

(8) <https://news.energysage.com/sce-tou-rates/>

(9) https://www.elconfidencial.com/economia/2019-10-31/cnmc-reducir-mitad-hacha-zo-final-redes-gas_2307072/

BIBLIOGRAFÍA

ARMENDÁRIZ, M. *et al.* (2017). Coordinated microgrid investment and planning

process considering the system operator. *Applied Energy*, 200, pp. 132-140.

CNMC, COMISIÓN NACIONAL DE LOS MERCADOS Y LA COMPETENCIA (2018). Acuerdo por el que se remite a la dirección general de política energética y minas datos para la elaboración del escenario de ingresos y costes del sistema eléctrico para 2019. *Expediente n.º INF/DE/097/18*. Disponible en: https://www.cnmc.es/sites/default/files/2249706_2.pdf

DIRECTIVA (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de diciembre de 2018 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables (Art. 22). Versión refundida. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&from=EN>

IDAE. Consumos del Sector Residencial en España. Resumen de Información Básica. Disponible en: https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Documentacion_Basica_Residencial_Unido_c93da537.pdf

IEA, INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (2016). Review and Analysis of PV self-consumption policies. *Informe técnico, 2016*. Disponible en: http://www.iea-pvps.org/index.php?id=382&elD=dam_frontend_push&docID=3102

RAMIRO, I., GONZÁLEZ, A., VICTORIA, M. y CASTILLO, M. (2016). Un autoconsumo que democratice el sistema eléctrico, Lecciones aprendidas de la experiencia internacional. Observatorio Crítico de la Energía. *Informe técnico, 2016*. Disponible en: <https://>

observatoriocriticodelaenergia.org/?p=2398

REAL DECRETO 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica. *Boletín Oficial del Estado, n.º 83*, Madrid, 6 de abril de 2019. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2019-5089>

ROBINSON, D. (2019). Prices Behind the Meter: efficient economic signals to support decarbonization. *The Oxford Institute for Energy Studies*, 2019. Disponible en: <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2019/11/Prices-Behind-the-Meter-Insight-61.pdf?v=79cba1185463>

SANCHA GONZALO, J. L. (2014). Precio Voluntario para el Pequeño Consumidor (PVPC). *Cuadernos de Energía*, 43, pp. 68-76.

SCHMIDT, O. *et al.* (2017). The future cost of electrical energy storage based on experience rates. *Nature Energy*, 2, pp. 17110.

STADLER, M. *et al.* (2014). Optimizing Distributed Energy Resources and building retrofits with the strategic DER-CAModel. *Applied Energy*, 132, pp. 557-567.

UKERC (2014). Low carbon jobs: The evidence for net job creation from policy support for energy efficiency and renewable energy. *Informe técnico*. Disponible en: <http://www.ukerc.ac.uk/publications/low-carbon-jobs-the-evidence-for-net-job-creation-from-policy-support-for-energy-efficiency-and-renewable-energy.html>

Resumen

Un cuarto del total de las emisiones antropogénicas de los GEI provienen del sector AFOLU, principalmente de la deforestación, la ganadería y el uso de fertilizantes. El sector LULUCF es responsable del secuestro del 30 por 100 del total de las emisiones. El reciente informe sobre cambio climático y usos de la tierra del IPCC indica que las medidas de mitigación en el sector AFOLU pueden tener un papel importante, además de proveer de otros servicios ecosistémicos. Las emisiones de la agricultura entre 1990 y 2014 están entre el 9 y el 11,6 por 100 del total de los países de la UE-28, mientras el secuestro neto del sector LULUCF se ha ido incrementando hasta llegar a un 11,8 por 100 de las emisiones. Comprender los factores que determinan estas tendencias es importante para determinar las medidas más adecuadas en el contexto de la UE y en España. Es cada vez más urgente que las estrategias de mitigación y adaptación que competen al sector se desarrollen de forma conjunta a nivel europeo, así como los cobeneficios en otros ámbitos. Siendo particularmente importante en los países como España, particularmente vulnerable al cambio climático, e incluso estar sujeto a impactos que reviertan gran parte del carbono secuestrado a la atmósfera.

Palabras clave: agricultura, LULUCF, AFOLU, sumidero de carbono, mitigación cambio climático.

Abstract

A quarter of total anthropogenic greenhouse gas emissions come from the AFOLU sector, mainly from deforestation, livestock and fertilizer application. The LULUCF sector is responsible for the kidnapping of 30% of total emissions. The recent IPCC report on climate change and land uses indicates that with proper management the means of reducing emissions and carbon sequestration in the AFOLU sector can play an important mitigating role, and to provide other eco-system services. Emissions from Agriculture (1990-2014) varied between 9 and 11.6% of the total net emissions of the EU 28, while the LULUCF sink has been increased up to 11.8% of the total emissions. Understanding the factors that determine these trends is important to select most appropriate measures to enhance the contribution of the sector to mitigation in the context of the EU and in Spain. It is urgent that mitigation and adaptation strategies that fall within the sector are not developed independently at European level, and that possible co-benefits in other areas be considered. This is particularly important in southern European countries such as Spain, where the sector may be vulnerable to climate change, and even be subject to impacts that reverse much of the sequestered carbon into the atmosphere.

Keywords: Agriculture, LULUCF, AFOLU, carbon sinks, climate change mitigation.

JEL classification: Q15, Q40, Q54.

CAMBIO CLIMÁTICO, AGRICULTURA Y USO DE LA TIERRA

María José SANZ-SÁNCHEZ (*)

Itxaso RUIZ URIARTE

Basque Centre for Climate Change

I. INTRODUCCIÓN

PARA poder comprender sobre qué estamos hablando cuando consideramos el «sector agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra» (ASOUT o AFOLU, por sus siglas en inglés) y su papel en un contexto de cambio climático, debemos entender, en primer lugar, que los ecosistemas terrestres tienen la capacidad no solo de emitir dióxido de carbono (CO₂), sino que además pueden secuestrarlo. Este balance entre secuestro y emisión, por regla general, resulta en un secuestro neto positivo que ha llevado a una acumulación de carbono en la biomasa viva (aérea y raíces), biomasa muerta (madera muerta, mantillo) y la materia orgánica en el suelo.

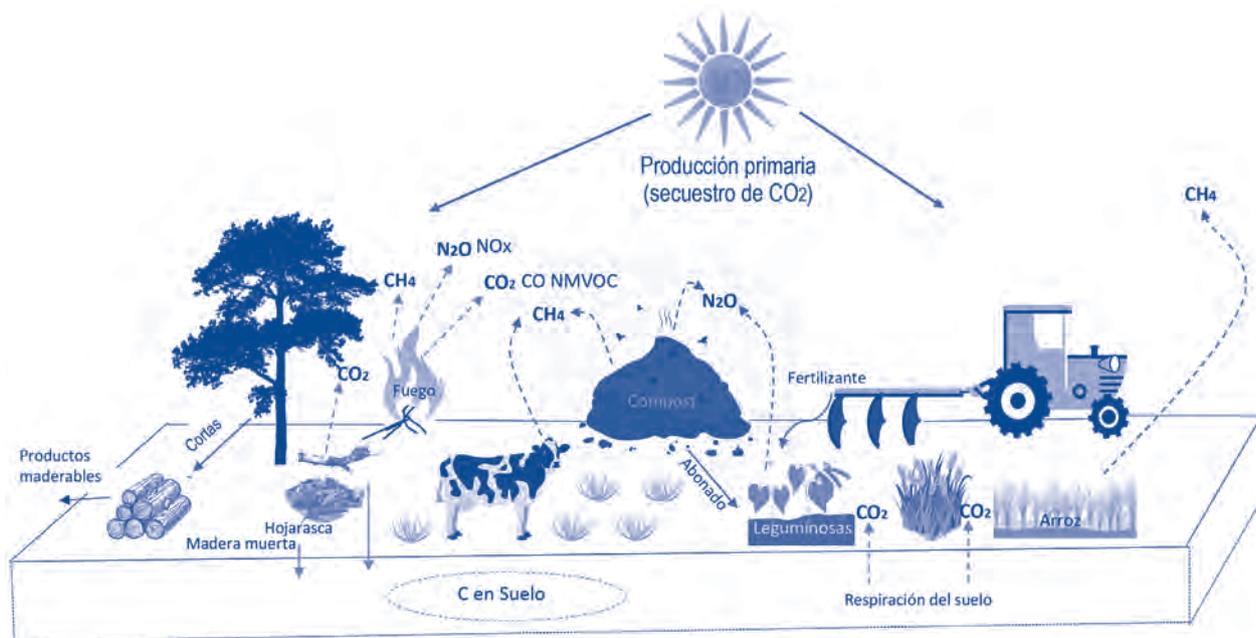
Aproximadamente, en los suelos y la biomasa se almacena cuatro veces más carbono, incluidos los bosques, que en la atmósfera misma (Lal, 2004). El balance entre secuestro y emisión neta de CO₂ depende de cómo se gestionan estos ecosistemas, por ejemplo, si los hacemos desaparecer, si los protegemos o los mejoramos. Por esta razón, se pensó que una forma de mitigar el cambio climático podía ser detener algunas de las emisiones derivadas de la gestión o desaparición de algunos ecosistemas, restaurar los degradados o bien incrementar su capacidad de sumidero de carbono.

El uso y la gestión de la tierra tiene su influencia sobre una diversidad de procesos del ecosistema que afectan a los flujos de los gases de efecto invernadero (figura 1), tales como la fotosíntesis, la respiración, la descomposición, la nitrificación/desnitrificación, la fermentación entérica y la quema de biomasa (por ejemplo, por fuegos forestales, quemadas de rastrojos, etc.). Estos procesos incluyen transformaciones del carbono y del nitrógeno provocadas por los procesos biológicos (actividad de microorganismos, plantas y animales) y físicos (combustión, lixiviación, etcétera).

II. ¿CÓMO DEFINIMOS ESTE SECTOR EN EL CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO?

Cuando consideramos las emisiones del sector AFOLU en el contexto de los compromisos de reducción neta de las emisiones de gases de efecto invernadero en el contexto de la Convención Marco de Cambio Climático de las Naciones Unidas (CMCCNU o UNFCCC, por sus siglas en inglés) incluyen las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero (GEI) (figura 2) tal y como se describen en las *Guías para Inventarios de los GEI* del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) (IPCC, 2006).

FIGURA 1
PRINCIPALES EMISIONES Y SECUESTRO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN ECOSISTEMAS MANEJADOS



Fuente: Adaptado de IPCC, 2006.

Además de las emisiones y las absorciones de CO₂ derivadas de las ganancias y las pérdidas en los depósitos del sector «Usos de la Tierra, Cambios de Uso de la Tierra y Silvicultura» (USCUTS y LULUCF, por sus siglas en inglés) y las seis clasificaciones del uso de la tierra que se plantearon anteriormente, existen *prácticas agrícolas* adicionales en las fincas, tales como la quema de residuos agrícolas, la aplicación de fertilizantes, el cultivo de arroz y las actividades relativas al ganado (fermentación entérica y gestión de estiércol), que generan emisiones, principalmente de metano y óxido nitroso (Figura 1). Estas emisiones se incluyeron bajo el sector «Agricultura» en la versión revisada de 1996 de las *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* y en la *Orientación del IPCC sobre bue-*

nas prácticas, en vez de hacerlo bajo el LULUCF. Asimismo, existen emisiones relacionadas con la quema de combustibles (por ejemplo, las generadas por maquinaria y por el transporte de productos agrícolas y forestales), pero estas se tratan bajo el sector de «Energía». Así pues, en el

caso del subsector «Agricultura» solo se producen emisiones que pueden ser de CO₂, óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄) y precursores (CO, NMVOC, NO_x), mientras que en el subsector LULUCF se pueden producir emisiones y secuestro de CO₂.

FIGURA 2
CATEGORÍAS DEL SECTOR DE LA «AGRICULTURA, BOSQUES Y OTROS USOS DE LA TIERRA» EN EL CONTEXTO DE LOS INVENTARIOS DE GASES DE EFECTO INVERNADERO



Fuente: IPCC (2006).

Es importante, por último, aclarar que, anteriormente se consideraba la «Agricultura» y *LULUCF* como sectores separados. El IPCC lo fusionó en uno solo, *AFOLU*, en sus *Guías para Inventarios de GEI 2006*. No obstante, se siguen reportando como separados a la Convención aún hoy en día por considerar algunas partes que aquellas categorías que solo podían resultar en emisiones («Agricultura», figura 2) no debían considerarse con las que podían resultar en emisiones y sumideros (*LULUCF*, figura 2).

III. EL SECTOR Y SU PAPEL A NIVEL GLOBAL

Se estima que una cuarta parte del total de las emisiones antropogénicas de los gases de efecto invernadero (GEI) provienen del sector *AFOLU*, principalmente de la deforestación, las emisiones del ganado y la aplicación de fertilizantes en los suelos (Smith *et al.*, 2014; Tubiello *et al.*, 2015). Pero globalmente, el sector *LULUCF* también es responsable del secuestro de CO_2 , que se ha estimado que entre 2008-2017 fue de aproximadamente el 30 por 100 del total de las emisiones antropogénicas (Le Quere *et al.*, 2018). Este sumidero se ha visto incrementado recientemente respecto al pasado debido al efecto indirecto del cambio climático con el incremento del CO_2 en la atmósfera (que tiene un efecto fertilizante), la prolongación de las estaciones de crecimiento por el aumento de la temperatura en geográficas más frías, o a la regeneración de los bosques por el abandono de otros usos como la agricultura en regiones como Europa (Le Quéré *et al.*, 2018; Ciais *et al.*, 2013). Aunque la persistencia de este sumidero en el futuro es una

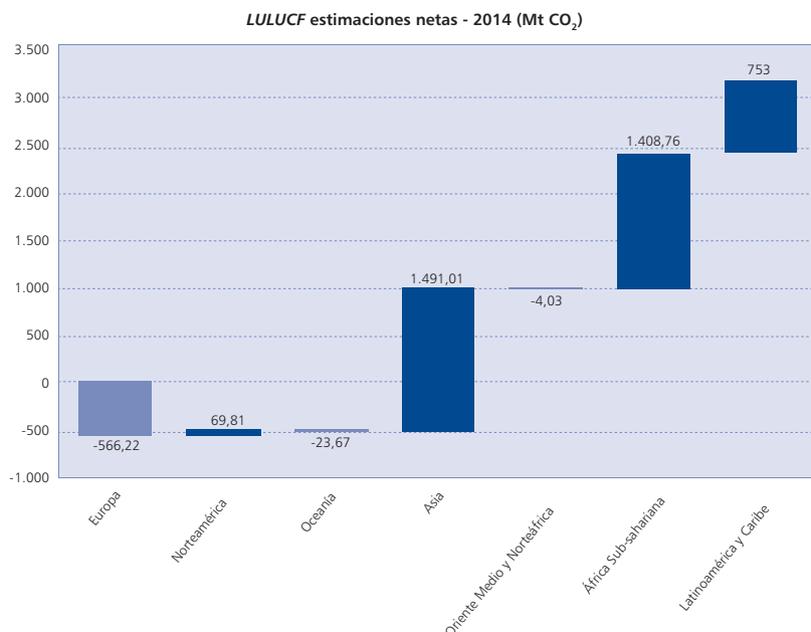
de las grandes incógnitas con las que nos enfrentamos, podría saturarse o fácilmente revertirse si se agravan los impactos del cambio climático. Un ejemplo de estos impactos son los incendios cada vez más frecuentes (por ejemplo, en Australia o los trópicos) o la plaga de barrenadores del pino que ha atacado ya más de 3,74 millones de bosque en Canadá (Kurz *et al.*, 2008). Además, los cambios resultantes de uso de la tierra pueden cambiar las propiedades de la superficie terrestre, cambio de albedo por ejemplo y resultar en un enfriamiento o mayor calentamiento (Alkama y Cescatti, 2016).

Como ejemplo de la distribución regional de las emisiones netas del sector *LULUCF* a nivel global, en 2014 fueron de 3.146,5 Mt CO_2 (gráfico 1) siendo

la Europa de los 28 un sumidero neto de -428,8 Mt CO_2 . Lo que nos indica que a nivel global existe todavía mucho potencial para la reducción de emisiones, y en algunas regiones se observan incluso emisiones negativas.

El reciente informe especial sobre cambio climático y usos de la tierra del IPCC (2019) indica que con una gestión adecuada de las medias de reducción de emisiones y secuestro de carbono en el sector *AFOLU* pueden tener un papel importante en la mitigación del cambio climático, así como en la protección de otros servicios ecosistémicos como la biodiversidad. En algunos estudios recientes considerando 20 acciones de conservación, restauración y mejora de la gestión de la tierra que aumentan el almacenamiento de car-

GRÁFICO 1
EMISIONES NETAS DEL SECTOR *LULUCF* (Mt CO_2e) POR REGIONES GEOGRÁFICAS EN 2014



Fuente: Elaboración propia.

bono y/o evitan las emisiones de gases de efecto invernadero en los bosques, humedales, praderas y tierras agrícolas del mundo estiman que el potencial máximo de estas, cuando está limitado por la seguridad alimentaria, la seguridad de la fibra y la conservación de la biodiversidad, es de 23,8 Gt CO_{2e} año⁻¹ en 2030 (Griscom *et al.*, 2017).

Dada la complejidad y las características del sector, estas expectativas de mitigación hay que tomarlas como lo que son, estimaciones globales realizadas bajo supuestos relativamente simplistas que no tienen en cuenta el posible agravamiento de los impactos del cambio climático sobre estos ecosistemas o la complejidad de las barreras ambientales y socioeconómicas para la implementación de estas medidas en todos los ámbitos geográficos en los que las localizan. Hay pues que tomarlas con cierta cautela, sobre todo si se utilizan como una excusa para no hacer esfuerzos urgentes y necesarios para reducir las emisiones en otros sectores.

De forma novedosa, en el reciente informe del IPCC (2019) se incorporan no solo medidas desde el punto de vista de la gestión o uso de la tierra, se incluyen medidas o acciones que implican cambios en la cadena de producción y la demanda (por ejemplo, cambios en las dietas, reducción de los desperdicios) o en la gestión del riesgo (propiedad de la tierra, seguros agrarios, etc.). Esto permite considerar opciones más integradas y las interrelaciones entre la mitigación, la desertificación y degradación, y la seguridad en el suministro de alimentos, y otros posibles beneficios o *trade-offs*; lo que supone un avance respec-

to como se han venido considerando las acciones para mitigar en este sector. Y permite que los actores competentes a diferentes escalas y contextos tengan más información para considerar su complejidad e implicaciones.

IV. BREVE HISTORIA DEL SECTOR EN EL CONTEXTO DE LAS NEGOCIACIONES MULTILATERALES

Es importante señalar que el tema de los sumideros de carbono terrestres, es decir, las emisiones y secuestro de gases de efecto invernadero en el sector *LULUCF* y la «Agricultura» (1) ha sido uno de los temas más polémicos y difíciles en la negociación internacional sobre el cambio climático en estas últimas décadas. La deforestación se ha considerado un problema medioambiental desde hace tiempo. El primer esfuerzo global para la consideración de la forestación tuvo lugar en la Conferencia Ministerial de Nordwijk de 1989, una de las primeras reuniones de política global sobre cambio climático (The Noordwijk Ministerial Declaration on climate change, 1989) (2). En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de Río de Janeiro en 1992, aunque no se consiguió el objetivo de negociar una convención forestal, los sumideros de carbono terrestres se consideraron en el marco de la *UNFCCC* como parte de los posibles esfuerzos de mitigación del cambio climático. En la Convención se define el término sumidero, pero no se indica cómo estos sumideros se deben contabilizar por lo que la reglas o espe-

cificidades de contabilización se ha determinado dentro de cada uno de los instrumentos de la Convención (su Protocolo de Kioto y su Acuerdo de París).

Ya en los comienzos de la negociación del texto del Protocolo de Kioto en base al Mandato de Berlín en la tercera Conferencia de las Partes (COP3) se observaron importantes divergencias entre los países sobre la consideración de los sumideros de carbono en el contexto de sus objetivos de reducción y limitación de emisiones (*QELROs*, por sus siglas en inglés). Muchos de los países incluyeron el uso de los sumideros en la elaboración de sus *QELRO*. Y algunas partes preferían que los sumideros y las fuentes de emisiones fuesen tratados por igual, en particular los países más desarrollados y en aquel entonces mayores emisores, mientras que otras, en particular los que iban a verse más afectados por los impactos del cambio climático como las pequeñas islas del Pacífico, propusieron enfoques alternativos para tratar los sumideros que permitieran mantener la integridad ambiental y ambición de los *QELRO*. La Unión Europea mantuvo una postura alineada con aquellos que promovieron la integridad ambiental en el uso de los sumideros.

¿Por qué era tan importante este debate? Si los sumideros de carbono (el sector *LULUCF*) se trataban como los demás sectores, teniendo en cuenta su potencial magnitud y lo poco que sabíamos de su carácter natural o antropogénico, las incertidumbres asociadas a los cálculos y la posibilidad de que

no se pudiera garantizar la permanencia del carbono secuestrado en los ecosistemas terrestres (en sus diferentes reservorios: biomasa aérea y subterránea, carbono orgánico en los suelos, hojarasca y madera muerta), su uso podría suponer la inacción en las reducciones de emisiones derivadas del uso de combustibles fósiles. Se podía minar de esta forma el verdadero objetivo del Protocolo y de la misma Convención. Aunque el Protocolo estableció tres mecanismos de flexibilidad para facilitar a los países del Anexo I la consecución de sus objetivos de mitigación, esto es el Comercio de Emisiones, el Mecanismo de Desarrollo Limpio y el Mecanismo de Aplicación Conjunta, como instrumentos de carácter complementario a las medidas y políticas internas que constituyen la base fundamental del cumplimiento de los compromisos bajo el Protocolo de Kioto. Al final se optó también por la inclusión de los sumideros en el Protocolo de Kioto con un tratamiento diferenciado y restringido para aliviar estas preocupaciones, a la par que acomodar las exigencias de algunos grandes emisores en cuanto a flexibilizar sus sendas de cumplimiento. Esto supuso en la COP3 la inclusión del artículo 3 párrafo 3 y 4 del Protocolo de Kioto, en el último momento, así como de ciertas actividades en el Mecanismo de Desarrollo Limpio (artículo 12) en forma únicamente de proyectos de aforestación y reforestación en el ámbito de los bosques.

En el Protocolo de 1997 se acordó de forma vinculante que cada país del «Anexo I de la Convención» (países desarrollados y con economías en transición de mercado) se

comprometía a reducir sus emisiones de gases regulados (CO_2 , CH_4 , N_2O y tres tipos de gases fluorados) en un 5 por 100 como mínimo de forma colectiva, este esfuerzo se repartía en los *QELRO* individuales. La negociación de sus reglas de implementación se prolongó hasta poco antes de su entrada en vigor en 2005, siendo uno de los temas más contenciosos las modalidades y reglas para la contabilidad del sector *LULUCF*. Por ello, no todo lo que se secuestra como consecuencia de estas actividades se puede contabilizar para cumplir los *QELRO*. Las normas de contabilización del Protocolo de Kioto establecen que solo aquellas absorciones producidas por actividades realizadas desde 1990 (3), directamente inducidas por el hombre y, ante todo, verificables, pueden ser contabilizadas, y solo se contabilizarán las absorciones producidas por estas actividades entre 2008 y 2012, es decir, no se contabiliza el carbono almacenado, sino que se contabiliza el aumento de carbono absorbido que cumple con los requisitos que establece el Protocolo, durante el período de compromiso.

El Acuerdo de París, adoptado en 2014, constituye el instrumento que representa un progreso en el reconocimiento de la urgencia de acción y la insuficiencia del Protocolo de Kioto para abordarla. En él todas las partes de la Convención que lo han ratificado reconocen la necesidad de contribuir a la mitigación del cambio climático de forma transparente en concordancia con sus posibilidades de ambición creciente. Esto se hace a través de las llamadas Contribuciones Nacionales Determinadas (*NDCs*, por sus siglas

en inglés). De los 190 países que enviaron sus primeras *NDCs*, un 61 por 100 incluyeron el sector *LULUCF* de una forma u otra, incluyéndolo en su objetivo absoluto cuantitativo relativo a un año base o una proyección del escenario *business as usual* o de forma separada a los otros sectores (Herold *et al.*, 2018). Sin embargo, son muy pocos los que aclaran o dan detalles de cómo van a contabilizar este sector. Durante las negociaciones de las reglas del Marco de Transparencia de acuerdo con el artículo 13 del Acuerdo, que concluyeron en la COP24 en Katowice (4), se discutió la posibilidad de introducir reglas específicas para el sector que quedaron en tres requerimientos de proporcionar información específica de cómo se utilizan las directrices del IPCC relevantes: si se consideran las emisiones y absorciones subsiguientes de las perturbaciones naturales en tierras bajo manejo; si se atienden los efectos de las clases de edad en bosques; y si se contabilizan los productos maderables cosechados.

Suponiendo la implementación completa de los *NDC* enviados por las partes, el sector *LUUCF* emerge como un componente clave que pasa globalmente de una fuente antropogénica neta durante 1990–2010 ($1,3 \pm 1,1 \text{ Gt CO}_2\text{e año}^{-1}$) a un sumidero neto de carbono para 2030 (hasta $-1,1 \pm 0,5 \text{ Gt CO}_2\text{e año}^{-1}$), y proporcionando casi una cuarta parte de las reducciones de emisiones planificadas por los países (Grassi *et al.*, 2017) en sus *NDC*.

V. EL SECTOR AFOLU EN LA UNIÓN EUROPEA

En 2017, las emisiones de gases de efecto invernadero agregadas en la UE-28 son un 22 por 100 menores en comparación con los niveles de 1990 (5), lo que representa una reducción absoluta de 1.240 Mt CO_{2e} (6), poniendo a la Unión Europea (UE) en el camino de superar su objetivo de 2020, que es reducir emisiones de GEI en un 20 por 100 para 2020 si se mantiene esta tendencia. España, en 2017, ha contribuido a reducir un 8 por 100 de las emisiones de la UE-28.

La agricultura y la gestión de la tierra en general han desempeñado un papel en la mitigación del cambio climático en la UE. Las emisiones del sector «Agricultura» en 2014 representaron un 11,6 por 100 del total de emisiones agregadas de la UE-28, mientras que las emisiones del sector AFOLU fueron prácticamente nulas (un sumidero de 8,7 Mt CO_{2e}). Las emisiones de la agricultura entre 1990 y 2014 (gráfico 2) han variado entre el 9 y el 11,6 por 100 del total de emisiones netas de la UE-28, mientras el secuestro neto del sector LULUCF se ha ido incrementando paulatinamente hasta llegar a secuestrar un 11,8 de las emisiones (6,3-11,8 por 100).

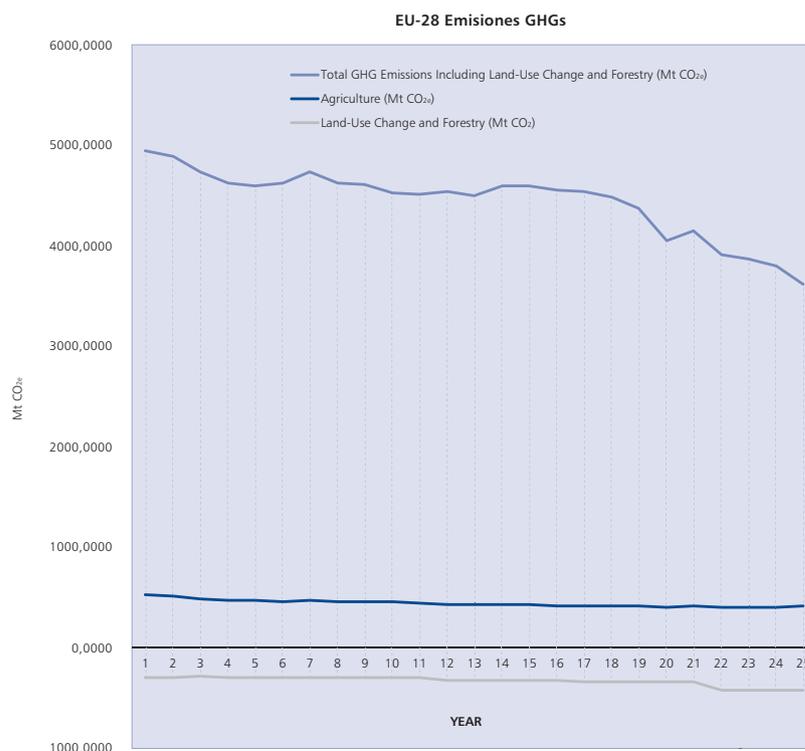
Las principales opciones de mitigación para el sector AFOLU en la UE se centran en: reducir o evitar las emisiones de N₂O de los suelos y el drenaje; Reducir las emisiones de CH₄ y N₂O del almacenamiento, procesamiento y aplicación de estiércol; reducción de las emisiones entéricas de CH₄ del manejo del ganado; evitar o reducir las emisiones de CO₂ del uso de la tierra y los suelos mediante el secuestro de carbono

y la prevención de su liberación; reducir las emisiones de CO₂ del uso de maquinaria y el uso de energía en las granjas; reducción de las emisiones indirectas de CO₂ de la producción de fertilizantes. Muchas de estas opciones también abordan directa o indirectamente las necesidades de adaptación. Por ejemplo, la práctica de la agrosilvicultura aumenta la biomasa aérea y subterránea, lo que puede ayudar a aumentar el secuestro de carbono y reducir las emisiones de CO₂. Además, los beneficios de la adaptación de esta práctica incluyen la reducción de la erosión del suelo debido a las lluvias intensas como consecuencia de los sistemas de raíces, y la estructura mejorada del suelo para la infiltración del

agua, lo que contribuye a la prevención de inundaciones. Una mejor capacidad de retención de agua en el suelo también puede ayudar con la mitigación de la sequía. En general, la mayoría de las acciones de adaptación tienen un impacto positivo en la mitigación, mientras que algunas prácticas de mitigación también pueden tener efectos adversos en los objetivos de adaptación.

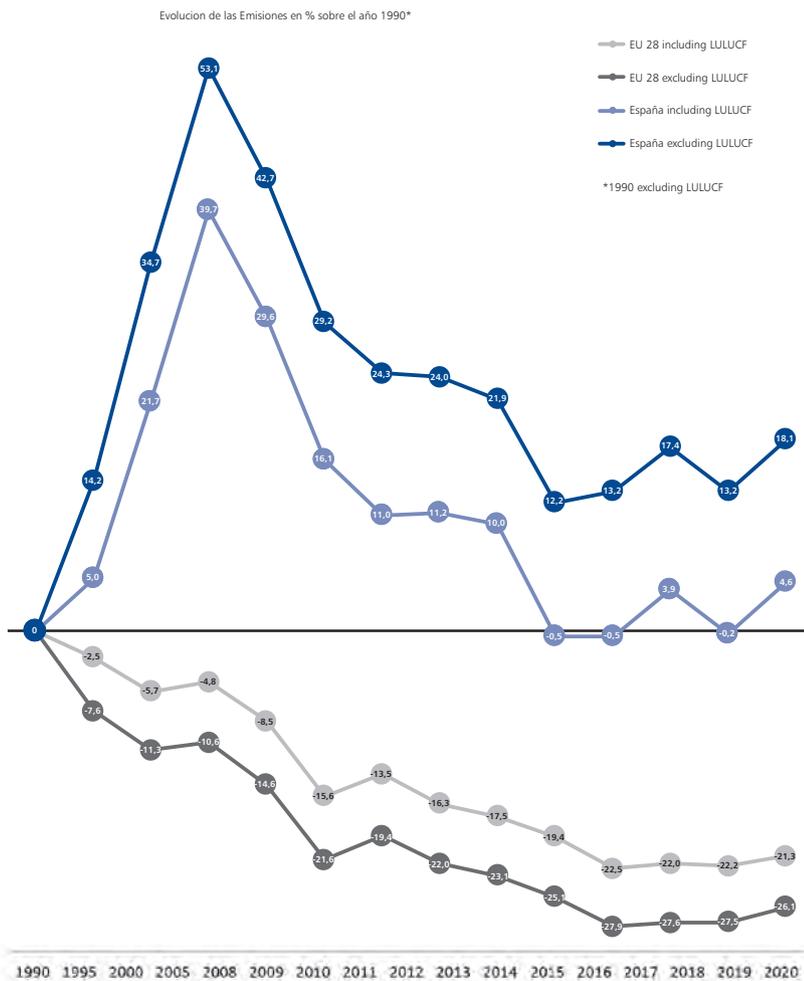
Ya existen varios instrumentos de política en la UE que pueden brindar apoyo para la implementación de opciones de mitigación en la agricultura, sobre todo la política agrícola común (PAC), la Directiva de nitratos, la Directiva marco del agua y la Estrategia temática para la protección del

GRÁFICO 2
EMISIONES DE LA UE-28 (Mt CO_{2e}) PARA LA SERIE TEMPORAL 1990-2014
DEL SECTOR LULUCF, AGRICULTURA Y EL TOTAL DE EMISIONES



Fuente: CAIT Data sets, WRI.

GRÁFICO 3
EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES TOTALES O BRUTAS Y LAS NETAS, CUANDO SE INCLUYE EL SECTOR *LULUCF*, EN PORCENTAJE RESPECTO A LAS DEL AÑO 1990 EXCLUYENDO EL SECTOR *LULUCF* (SEGÚN LO REPORTADO EN EL INVENTARIO DE GEI DEL AÑO 2017)



Fuentes: NIR UE (EEA, 2019), NIR España (MITECO, 2019).

suelo. La combinación específica de opciones apropiadas y rentables variará según el tipo de sistema agrícola.

En lo que respecta a la mitigación, la UE ha optado por el uso del sector *LULUCF* a través del primer y segundo período de compromiso del Protocolo de Kioto según las reglas acordadas por la CMNUCC. Hasta el momento, como se ha mencionado

anteriormente, el sector *LULUCF* presenta un secuestro neto que se encuentra alrededor del 11 por 100 de las emisiones totales.

En el gráfico 3 se presenta la evolución de las emisiones totales o brutas y las netas, cuando se incluye el sector *LULUCF*, en porcentaje respecto a las del año 1990 excluyendo el sector *LULUCF* (7). Esto nos permite ilustrar la inclusión o no del sec-

tor afecta la evolución de la serie temporal de las emisiones en la UE-28 y en España. El secuestro de carbono en el ámbito del sector tiene una notable influencia a lo largo de la serie temporal; es importante recordar que solo una parte de estas absorciones de CO₂ se han podido contabilizar en el ámbito del Protocolo de Kioto en sus dos períodos de compromiso según han sido implementados por la UE en base a las decisiones de las CMNUCC.

Es por ello que la UE ha revisado en su reglamento *LULUCF* 2018 (8) las reglas que aplican al sector *LULUCF* a partir de 2020. El reglamento establece por primera vez un objetivo propio en el período 2021-2030 para el sector *LULUCF*, la denominada «deuda cero», que implica que el sector en ningún caso podrá ser emisor de gases de efecto invernadero, es decir, las absorciones deberán ser mayores o iguales que las emisiones, y cuyo incumplimiento puede ser penalizado. Para comprobar el cumplimiento de tal objetivo, el reglamento define unas normas de contabilización para cada tipo de uso de la tierra. Los tipos de uso de la tierra que se tienen en cuenta para ello son las tierras forestadas, tierras deforestadas, cultivos gestionados, pastos gestionados y tierras forestales gestionadas. A partir de 2026 se considerarán también los humedales gestionados.

Así pues, el compromiso establecido supone que las emisiones (contabilizadas con signo positivo) no excederán a las absorciones (contabilizadas con signo negativo), para el conjunto de las tierras definidas, y para dos subperíodos de compromiso establecidos (2021-2025 y 2026-2030). Además, el reglamento establece un sistema

de flexibilidad mediante el cual las absorciones «sobrantes» de determinados tipos de tierra (9) podrían utilizarse para compensar las emisiones de los sectores difusos, y por tanto contribuir al cumplimiento de los objetivos de reducción de los mismos sobre reducciones anuales vinculantes de las emisiones de gases de efecto invernadero por parte de los Estados miembros entre 2021 y 2030 con objeto de cumplir los compromisos contraídos en el marco del Acuerdo de París de al menos el 40 por 100 de las emisiones respecto a 1990 en el período 2021-2030.

Si bien las absorciones y emisiones de las tierras forestadas y deforestadas se contabilizarán íntegramente, para las tierras forestales gestionadas establece que solo podrán utilizarse a efectos de contabilidad aquellas absorciones que sobrepasen un «Nivel de Referencia» preestablecido y calculado expresamente para cada Estado miembro se presentaron a la Comisión en 2018 (10). El fin del nivel de referencia estatal (*forest reference level, FRL*) es que las absorciones que se producen en los bosques *per se* no sean tenidas en cuenta para el cumplimiento de los objetivos de reducción de emisiones nacionales. Solo las absorciones consecuencia de una mejor gestión, que sean superiores a las proyectadas por el *FRL*, se podrán computar para la consecución de los objetivos. Una vez cumplido el objetivo de deuda 0, si sobran absorciones atribuibles a las categorías de tierras consideradas excepto las tierras forestales gestionadas (que se encuentran limitadas por el *FRL*), estas podrán ser transferidas para contribuir al cumplimiento de los objetivos de reducción de emisiones bajo el Acuerdo de París. Es importante indicar que establece una serie

de flexibilidades adicionales que permiten transferir absorciones netas sobrantes entre subperíodos y entre países. El reglamento supone una novedad respecto al período anterior, ya que por primera vez el sector *LULUCF*, en el que se encuentran integradas las tierras forestales, tiene compromisos propios de reducción de emisiones en la normativa europea, aunque sigue habiendo una relación con el resto de los sectores.

VI. EL SECTOR AFOLU EN ESPAÑA

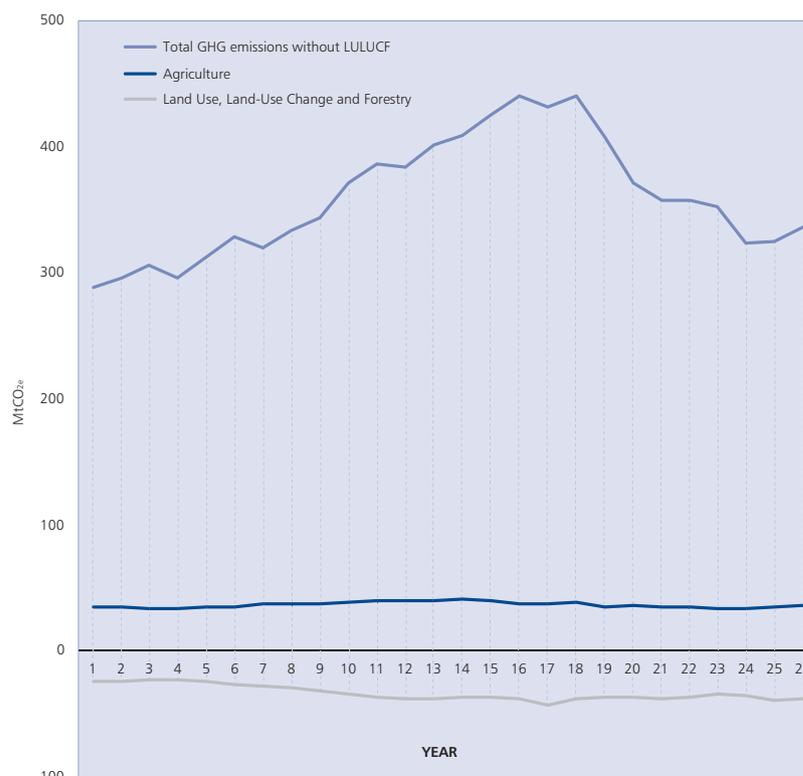
La contribución de las emisiones agregadas brutas del sector «Agricultura» en la serie tempo-

ral 1990-2015 (gráfico 4) oscila entre el 8 y el 12 por 100, no mostrando una tendencia temporal. Mientras que sí se observa una tendencia al incremento de las absorciones netas del sector *LULUCF* que alcanza el 12 por 100 de las emisiones brutas del mismo año compensando totalmente las emisiones del sector «Agricultura».

En el ámbito del sector *LULUCF*, el mayor uso del suelo en España corresponde a las tierras dedicadas a uso agrícola, con cerca de un 40 por 100 de la superficie nacional. Le sigue de cerca la superficie forestal, con algo más del 30 por 100 del total. Entre 1990 y 2012, las

GRÁFICO 4

EMISIONES DE ESPAÑA (Mt CO_{2e}) PARA LA SERIE TEMPORAL 1990-2015 DEL SECTOR *LULUCF*, AGRICULTURA Y EL TOTAL DE EMISIONES AGREGADAS BRUTAS (EXCLUYENDO *LULUCF*)



Fuente: UNFCCC Data sets in CAIT Explorer.

mayores variaciones en usos de suelo se han producido en agricultura, con una reducción de la superficie de más de 900.000 ha, y en bosques, donde la superficie ha aumentado en más de 800.000 ha. En valores relativos, la mayor variación ha sido el aumento de la superficie de los asentamientos urbanos, que entre 1990 y 2012 ha aumentado casi un 36 por 100 (NIR, 2016). En el gráfico 5 se indica la evolución de las emisiones y absorciones netas en el sector *LULUCF* en España entre 1990 y 2012. Lo que nos permite observar que es el secuestro de carbono en los bosques el que domina las absorciones de CO₂ en toda la serie temporal, y que hay ciertas categorías que muestran emisiones netas.

En cuanto al sector «Agricultura», representa actualmente un 12 por 100 de las emisiones en el año 2017 (MITECO, 2019). Del orden de la mitad de las emisiones de este sector están generadas por el uso de fertilizantes y

la gestión de los suelos, mientras que la otra mitad está provocada por la ganadería (fermentación entérica y gestión de estiércoles).

Según lo referido por el MAPAMA en 2014 en su informe *Información sobre acciones en el sector del uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura de España* en cumplimiento del artículo 10 de la Decisión 529/2013/UE (MAPAMA, 2015) no se esperan grandes cambios en las actuales magnitudes de sumideros de las tierras forestales, y aunque se proyectaba un descenso de la superficie agrícola se estimaban aumentos en su capacidad de sumidero modestos; mientras que se indicaban incrementos en las emisiones de los pastizales de similar magnitud a los incrementos de sumidero en las tierras agrícolas. Se detallan una serie de medidas de mitigación enmarcadas en planes nacionales y las recientes revisiones de la política agraria común de la Unión Europea con un horizonte mínimo de hasta 2020 que

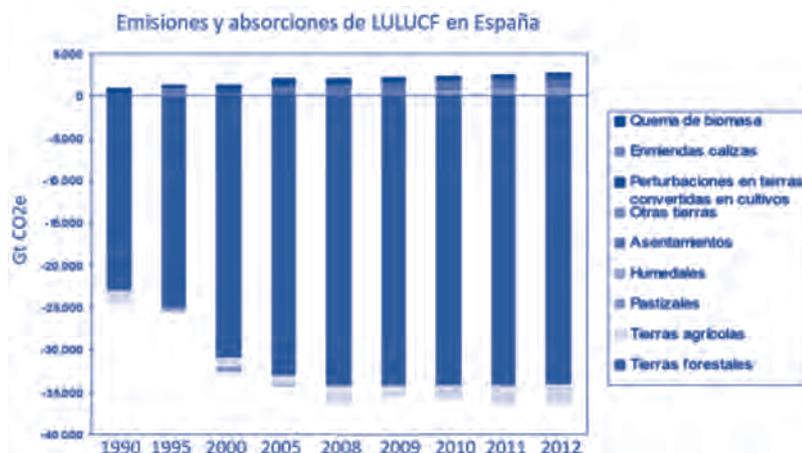
pueden explicar estas tendencias. Aunque se aclara que estas proyecciones se encuentran en revisión.

En el ámbito del Protocolo de Kioto y su artículo 3, párrafos 3 y 4, España, en el primer período de compromiso del Protocolo (2008-2012), para el cálculo de la cifra de potencial de absorción por las actividades *LULUCF* tenía que contabilizar la absorción producida por actividades de forestación y reforestación y adicionalmente eligió contabilizar las remociones y emisiones derivadas de la gestión de tierras agrícolas y la gestión de bosques. Para la realización de estas estimaciones se utilizaron las *Guías de buenas prácticas para uso de la tierra, cambios de uso de la tierra y silvicultura* elaboradas por el IPCC de 2003 (IPCC, 2003), incluyendo factores de emisión/remoción nacional en algunos casos.

En el gráfico 5 se muestra el sumidero neto observado que se reporta a la UNFCCC en el *Inventario nacional de GEI, sector LULUCF*, y que es mayor que los que se puede contabilizar. En el período 2008-2012 solo un 32 por 100 de las absorciones pudieron ser contabilizadas (11), lo que representa un 3,2 por 100 de la cantidad asignada a España para el período.

En conclusión, la absorción del sector *LULUCF* se sitúa actualmente en torno al 10-12 por 100 de las emisiones agregadas de los demás sectores, lo que supone el mismo orden de magnitud que las emisiones del sector «Agricultura». Cómo el sector puede ser contabilizado entre 2021 y 2030 viene determinado por el nuevo Reglamento *LULUCF* 2018 de la UE descrito ante-

GRÁFICO 5
EMISIONES DEL SECTOR *LULUCF* EN ESPAÑA PARA 1990, 1995, 2000, 2005 Y EL PRIMER PERÍODO DE COMPROMISO DEL PROTOCOLO DE KIOTO (2008-2012) DEL SECTOR *LULUCF*



Fuente: MAPAMA, 2014.

riormente que introduce ciertas novedades.

VII. ¿POR QUÉ CONSIDERAR LA VULNERABILIDAD ES NECESARIO EN ESPAÑA?

Son múltiples los impactos del cambio climático observados ya en los ecosistemas terrestres (naturales y productivos), su diversidad y funcionamiento, que van desde los cambios en la fenología (incluyendo cambios en la floración y el fructificación) a alteraciones en el crecimiento y la mortalidad de algunas especies forestales. Por ejemplo, en especies de coníferas se han detectado disminuciones del crecimiento tanto en poblaciones naturales como en plantaciones en muchos casos atribuibles a una combinación de factores, como han sido los cambios de la gestión forestal, con el abandono de prácticas tradicionales y el despoblamiento (que ha resultado en la proliferación de bosques muy densos), y factores climáticos con sequías más frecuentes y prolongadas. En algunas ocasiones, la gestión histórica de las masas, como es el caso de las talas muy intensas en algunos abetales, pueden haber llevado a favorecer genotipos más vulnerables a la sequía y a alterar el microclima del bosque haciéndolo más vulnerable. Además de las reducciones del crecimiento, se han observado defoliaciones y episodios de mortandad asociados a factores climáticos. La concurrencia de reducciones de crecimiento, defoliación y mortandad de los individuos constituye lo que se ha venido en denominar «decaimiento de los bosques», considerándose que el cambio climático es uno

de los factores principales que lo provocan, si bien no es el único.

Por ejemplo, se han observado que interacciones bióticas y abióticas complejas en diversos procesos de decaimiento en los encinares han derivado en el decaimiento de algunos encinares en la península en las que el cambio climático reciente puede tener un papel importante. Estos encinares ocupan una extensión de varios millones de hectáreas en la península ibérica y proporcionan servicios ecosistémicos de gran valor socioeconómico. Pero, pese a los recientes esfuerzos para entender las causas de la variabilidad espacio/temporal en la salud fisiológica (Heres *et al.*, 2018; Gea-Izquierdo *et al.*, 2011) y la capacidad reproductiva con respecto al cambio climático de estos encinares (Pulido *et al.*, 2013) aún se desconoce el modo en que los múltiples agentes implicados interactúan.

Vayreda *et al.* (2015) encuentran que los bosques aún ostentan un mayor incremento los de la vertiente norte, en particular Galicia, Cantabria, Pirineos y País Vasco, mientras que los del sur, este y de la meseta presentan incrementos menores (especialmente suroeste y costa sureste del Mediterráneo). Teniendo en cuenta que entre el INF2 y 3 la temperatura media de marzo a agosto ha experimentado un incremento de un grado respecto a los treinta años anteriores (con un rango geográfico entre 0,15 y 2 °C), estos autores han encontrado un efecto negativo de este incremento más acusado en las zonas más húmedas del norte y noroeste peninsular y zonas de montaña como los Pirineos (bosque con especies eurosiberianas situadas en el límite sur de su distribución). El incremento de

temperatura, sin embargo, apenas tuvo efecto en el secuestro de carbono en las zonas más secas. Se encontró también una relación entre el incremento de temperatura y el abandono de la gestión forestal, reduciéndose la capacidad de sumidero con el calentamiento en los bosques en los que se ha abandonado la gestión. La capacidad de secuestro de carbono viene determinada por la estructura del bosque: estudios recientes indican que desde los años cincuenta hasta la actualidad se han observado variaciones en la estructura debidos al cambio climático en la península ibérica como consecuencia del incremento de la temperatura y el decrecimiento de la precipitación mayores que en el centro de Europa (Moreno *et al.*, 2018).

Los impactos ya observados en los ecosistemas españoles, en particular en los bosques, son suficientes para considerar que el cambio climático está afectando de forma negativa a nuestros ecosistemas. Lo que puede ser determinante en mermar su capacidad para mitigar el cambio climático.

VIII. CONCLUSIONES

Se deben considerar medidas de mitigación en el sector AFOLU, dado que su potencial puede ser importante. Aunque su potencial y las posibles combinaciones de opciones o acciones varían considerablemente según las regiones y los países, así como según los posibles escenarios socioeconómicos futuros. Es por ello que muchos países lo han considerado como un sector en el que desarrollar acciones dentro de su NDCs. Sin embargo, es también un

sector en el que los impactos del cambio climático son ya muy evidentes y es muy probable sigan agravándose de forma acelerada. Es, por tanto, ineludible considerar la necesidad de adaptación y la vulnerabilidad de los ecosistemas naturales, seminaturales y para la producción de alimentos y otros productos, cuando consideramos qué tipo de acciones de mitigación son las más apropiadas en cada contexto geográfico y socioeconómico.

Es importante, no obstante, entender las diferencias entre las estimaciones totales de su contribución observadas de aquellas que resultan de las acciones planificadas de mitigación a efectos de contabilizar su contribución a los objetivos en el marco de la UNFCCC. Y para ello se requiere la comprensión de estas diferencias y acompañarlas de estimaciones robustas y transparentes, en línea con las directrices del IPCC, que se deben hacer públicas de forma regular. Ello nos permite dar seguimiento a nivel nacional. Pero, además, si consideramos información adicional, así como si desagregamos las estimaciones de los sectores en subcategorías y sus componentes de forma adecuada a las escalas en las que se van a implementar las acciones específicas de mitigación, esto nos permitirá entender mejor su potencial real, su efectividad y, por tanto, reaccionar con mayor celeridad a las necesidades de mitigación e integrar medidas de adaptación o considerar otros posibles beneficios y *trade-offs*.

Las estimaciones globales del potencial se basan en supuestos, en ocasiones simplistas, que pueden estar derivándose en una sobreestimación del potencial

de absorción de los ecosistemas terrestres. Por ello, es si cabe más importante ahora mejorar nuestro conocimiento en los contextos geográficos en los que las medidas de mitigación se van a poner en marcha.

El sector *AFOLU* es un sector importante en la UE. Para poder entender mejor cuáles son las medidas más prometedoras es importante entender la evolución de las emisiones de la «Agricultura» y de *LULUCF* en el contexto de los inventarios de los GEI en las últimas décadas. Mientras que las emisiones de la «Agricultura» se han mantenido bastante constantes, ha habido un incremento del sumidero del sector *LULUCF*. Ello nos ha llevado a que el sector sea un sector con emisiones netas ligeramente negativas (sumidero), aunque las emisiones derivadas del sector «Agricultura» sean superiores al 10 por 100 del total de las emisiones de la UE. Comprender cuáles son los factores que determinan estas tendencias en la «Agricultura» y en *LULUCF* es importante para determinar cuáles pueden ser las medidas más adecuadas para potenciar la contribución del sector *AFOLU* a la mitigación en el contexto de la UE. No obstante, se debe tener en cuenta que existen diferencias importantes entre los países de la UE, y cualquier medida comunitaria para impulsar la mitigación en el sector debe responder a las mismas para conseguir evitar efectos negativos o indeseados. Es cada vez más urgente que las estrategias de mitigación y adaptación que competen al sector no se desarrollen de forma independiente a nivel europeo, así como que se consideren los posibles cobeneficios en otros ámbitos (p.ej., la con-

servación de la biodiversidad, aspectos socio-culturales, salud, etcétera).

En España, la absorción del sector *LULUCF* se sitúa actualmente entorno al 10-12 por 100 de las emisiones agregadas de los demás sectores, lo que supone el mismo orden de magnitud que las emisiones del sector Agricultura. Su contabilización a la hora de cumplir los objetivos permite la utilización de una fracción de su potencial, que en el período 2008-2012 fue de tan solo un 3 por 100 de la cantidad asignada para este período a España. Las mayores absorciones se producen en las tierras forestales seguido por las cultivadas; es, por tanto, de interés prestar atención a las actividades que se pueden desarrollar en ellas. Debido a la particular vulnerabilidad de los ecosistemas que ocupan, es de vital importancia que los impactos del cambio climático se tengan en cuenta en el diseño y puesta en marcha de las futuras medidas de mitigación y se integren medidas de adaptación para paliarlos. Mientras que en el sector «Agricultura» (como lo define el IPCC en los inventarios de GEIS) las mayores emisiones corresponden al sector de la ganadería, en el cual se pueden derivar medidas también para su reducción. Entre las medidas que pueden tener mayor interés se encuentran: la gestión y la restauración de los bosques, incluyendo nuevos bosques, teniendo en cuenta su vulnerabilidad a los impactos esperados, considerando dónde y cómo en base no solo a criterios exclusivamente dedicados a incrementar su capacidad de secuestro de carbono (p.ej., protección de la biodiversidad, restauración del ciclo hídrico, protección del suelo, etc); gestión e introduc-

ción de sistemas agroforestales con especies arbóreas autóctonas; medidas de prevención de los incendios forestales; uso de variedades de cultivos más recipientes (p.ej. semillas de origen local) y diversificación de los cultivos); mejora de la gestión de los suelos y uso de fertilizantes (incluyendo el uso de compost de origen local); mejoras en la dieta animal en la ganadería intensiva. Estas medidas deben ser consideradas siempre teniendo en cuenta el contexto ambiental y socioeconómico en el que se implementan, así como cuáles pueden ser los cobeneficios que pueden comportar (p. ej., la mejor medida en términos de mitigación potencial puede ser contraproducente en otros ámbitos como la adaptación o la conservación de la biodiversidad).

NOTAS

(*) La autora agradece a la Oficina Española de Cambio Climático la información proporcionada. También, al Programa BERC del Gobierno Vasco y a la Fundación Ikerbasque, así como a la acreditación María de Maeztu por el apoyo económico para la realización de este trabajo.

Otra afiliación de la autora: Fundación Ikerbasque.

(1) Actualmente denominado *AFOLU*.

(2) La Declaración incluye un párrafo importante sobre la estabilización de las emisiones de CO₂: «La Conferencia reconoce la necesidad de estabilizar, al tiempo que garantiza un desarrollo estable de la economía mundial, las emisiones de CO₂ y las emisiones de otros gases de efecto invernadero no controladas por el Protocolo de Montreal. Las naciones industrializadas acuerdan que tal estabilización debería ser lograda por ellos lo antes posible, a niveles que el IPCC y la Segunda Conferencia Mundial sobre el Clima de noviembre de 1990 consideren. En opinión de muchas naciones industrializadas, tal estabilización de las emisiones de CO₂ debería lograrse como un primer paso a más tardar en el año 2000».

(3) Es decir, aquellas que se consideran adicionales a las absorciones que ocurren de forma natural. Esta se consideró una forma sencilla de incluir solo aquellas absorciones que se inducirían adicionalmente.

(4) Decisión 18/CMA.1. Para ver más detalles sobre el «Katowice Package» en NDCs y Marco de Transparencia: SANZ, M. J. *et al.*, (2019). *Mapping Katowice decisions related to NDCs – Infographics*. This study was funded by the World Bank Program on Forests (PROFOR). <https://info.bc3research.org/wp-content/uploads/2019/06/ING-COMPLETO.pdf>

(5) <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/pdfscache/1180.pdf>

(6) https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_en

(7) Según lo reportado en el *Inventario de GEI* del año 2017.

(8) Reglamento (UE) 2018/841-1, sobre la inclusión de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero resultantes del uso de la tierra, el cambio de uso de la tierra y la silvicultura.

(9) Forestaciones, deforestaciones, pastos y cultivos gestionados hasta un máximo de 29,1 Mt CO_{2eq}.

(10) *Plan de Contabilidad Forestal Nacional*, para el primer subperíodo 2021-2025.

(11) De acuerdo con la información provista en las CRF enviadas por España a la Convención en el 2014. <https://unfccc.int/process/transparency-and-reporting/reporting-and-review-under-the-convention/greenhouse-gas-inventories/submissions-of-annual-greenhouse-gas-inventories-for-2017/submissions-of-annual-ghg-inventories-2014>

BIBLIOGRAFÍA

ALKAMA, R. y CESCATTI, A. (2016). Biophysical climate impacts of recent changes in global forest. *Science*, 351(6273), pp. 600-604. doi: 10.1126/science.aac8083ver

CIAIS, P., SABINE, C., BALA, G., BOPP, L., BROVKIN, V., CANADELL, J. *et al.* (2013). Carbon and Other Biogeochemical Cycles. En T. F. STOCKER, D. QIN, G.-K. PLATTNER, M. TIGNOR, S. K. ALLEN, J. BOSCHUNG *et al.* (eds), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge (UK): Cambridge University Press.

EEA (2019). *Annual European Union greenhouse gas inventory 1990-2017 and inventory report 2019*. EEA/PUBL/2019/051.

GEA-IZQUIERDO, G., CHERUBINI, P. y CAÑELLAS, I. (2011). Tree-rings reflect the impact of climate change on *Quercus ilex* L. along a temperature gradient in Spain over the last 100 years. *For. Ecol. Manage.*, 262, pp. 1807-1816

GRASSI, *et al.* (2017). The key role of forests in meeting climate change targets requires science for credible mitigation. *Nat. Clim. Chang.*, 7, pp. 220-226.

GRISCOM, B. W., ADAMS J., ELLIS, P. W., HOUGHTON, R. A., LOMAX, G., MITEVA, D. A. *et al.* (2017). Natural Climate Solutions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, October 31, 114(44), pp.11645-11650. doi: 10.1073/pnas.1710465114. Epub 2017. Erratum in: *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2019 Feb 12;116(7):2776

HEREŞ, A. M., KAYE M. W., GRANDA E., BENAVIDES R., LÁZARO-NOGAL A., RUBIO-CASAL, A. E. *et al.* (2018). Tree vigour influences secondary growth but not responsiveness to climatic variability in Holm oak. *Dendrochronologia*, 49, pp. 68-76.

HEROLD, A. y BÖTTCHER, H. (2018). *Accounting Rules for the Achievement of the Mitigation Goals of Non-Annex I Countries*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. pp. 86.

IPCC (2003). *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*. Disponible en: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf_contents.html

— (2006). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Edited by S. EGGLESTON, L. BUENDIA, K. MIWA, T. NGARA, K. TANABE *et al.* Intergovernmental Panel of Climate Change. Disponible en: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>

— (2019). *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. Edited by P. R. SHUKLA, J. SKEA, E. CALVO BUENDIA, V. MASSON-DELMOTTE, H.-O. PÖRTNER, D. C. ROBERTS

<p>et al. Intergovernmental Panel of Climate Change. In press.</p> <p>KURZ, W., DYMOND, C., STINSON, G. et al. (2008). Mountain pine beetle and forest carbon feedback to climate change. <i>Nature</i>, 452, pp. 987-990.</p> <p>LAL, R. (2004). Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security. <i>Science</i>, 304(5677), pp. 1623-1627</p> <p>LE QUÉRÉ, C., ANDREW, R. M., FRIEDLINGSTEIN, P., SITCH, S., PONGRATZ, J., MANNING, A. C. et al. (2018). Global Carbon Budget 2017. <i>Earth System Science Data</i>, 10, pp. 405-448. Disponible en: https://doi.org/10.5194/essd-10-405-2018</p> <p>LE QUÉRÉ, C., PETERS, G. P., ANDRES, R. J., ANDREW, R. M., BODEN, T. A., CIAIS, P. et al. (2014). Global carbon budget 2013. <i>Earth System Science Data</i>, 6, pp.235–263. Disponible en: https://doi.org/10.5194/essd-6-235-2014</p> <p>MAPAMA (2014). <i>Informe del inventario nacional de gases de efecto invernadero de España</i>.</p>	<p>— (2015). <i>Información sobre acciones en el sector del uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura de España</i>. En cumplimiento del artículo 10 de la Decisión 529/2013/UE., p. 33.</p> <p>— (2016). <i>Informe del inventario nacional de gases de efecto invernadero de España</i>.</p> <p>MITECO (2019). <i>Informe del inventario nacional de gases de efecto invernadero de España</i>.</p> <p>MORENO, A., NEUMANN, M. y HASANAUER, H. (2018). Climate limits on European forest structure across space and time. <i>Global and Planetary Change</i>, 169, pp. 168-178. doi:10.1016/j.gloplacha.2018.07.018.</p> <p>PULIDO, F., MORENO, G., GARCÍA, E., OBRADOR, J. J., BONAL, R. y DÍAZ, M. (2013). Resource manipulation reveals flexible allocation rules to growth and reproduction in a Mediterranean evergreen oak. <i>Journal of Plant Ecology</i>, 7(1), pp. 77-85.</p>	<p>SMITH, P. et al. (2014). <i>Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU)</i>. <i>Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change</i>. Edited by O. EDENHOFER et al. Cambridge: Cambridge University Press.</p> <p>TUBIELLO, F. N., SALVATORE, M., FERRARA, A. F., HOUSE, J., . FEDERICI, S. ROSSI, S. et al. (2015). The contribution of agriculture, forestry and other land use activities to global warming, 1990-2012. <i>Global Change Biology</i>, 21(7). Disponible en: 10.1111/gcb.12865</p> <p>VAYREDA, J. et al. (2015). Vulnerabilidad de los bosques españoles al cambio global: efectos sobre el stock y la capacidad de sumidero de carbono. En A. HERRERO y M. A. ZAVALA (ed.), <i>Impactos, vulnerabilidad y adaptación de los bosques y la biodiversidad en España frente al cambio climático</i>. Madrid: MAGRAMA.</p>
---	---	--

COLABORACIONES

III.
**POLÍTICAS TRANSVERSALES PARA LA
TRANSICIÓN ENERGÉTICA**

Resumen

El incremento de la fiscalidad energético-ambiental en los próximos años será fundamental para lograr la transición hacia una economía descarbonizada. El reto es especialmente importante para España, donde estas figuras han tenido hasta ahora un papel marginal y descoordinado. En este trabajo se formulan y evalúan una serie de propuestas de reforma de la fiscalidad sobre el transporte por carretera y la aviación, sectores cruciales y retrasados en su proceso de transformación, al mismo tiempo que se estudian algunas cuestiones de *saliencia* y encaje institucional que son imprescindibles para garantizar la efectividad y viabilidad de estas figuras.

Palabras clave: impuestos, energía, transporte, *saliencia*, federalismo fiscal.

Abstract

Increased energy-environmental taxation over the coming years will be fundamental to transitioning towards a decarbonised economy. This will pose a particularly important challenge for Spain where these figures have thus far played a marginal and uncoordinated role. This work puts forward and evaluates a series of proposals for reforms to road transport and aviation taxation, both crucial and delayed sectors in their transformation process. Simultaneously, this paper studies some issues of salience and institutional framework which are crucial to ensuring the effectiveness and viability of these figures.

Keywords: taxes, energy, transport, salience, fiscal federalism.

JEL classification: H23, H31, H77, Q48, Q58, R48.

PAUTAS PARA UNA REFORMA DE LA FISCALIDAD DEL TRANSPORTE EN ESPAÑA (*)

Alberto GAGO

Xavier LABANDEIRA

Rede, Universidade de Vigo

José M. LABEAGA

Xiral LÓPEZ-OTERO

UNED

I. INTRODUCCIÓN

La fiscalidad energético-ambiental es un instrumento fundamental con el que cuentan los decisores políticos para abordar los graves problemas ambientales actuales, en particular, los relacionados con el cambio climático (véase IPCC 2013, 2014a). Sin embargo, el nivel actual de estos impuestos está por debajo del óptimo y la necesidad de realizar importantes reducciones en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para cumplir con los objetivos del Acuerdo de París (ONU, 2015) hace necesaria una importante elevación de estas figuras en los próximos años. En el caso de España, la reforma de la fiscalidad energético-ambiental es, si cabe, más necesaria. En primer lugar, porque estos impuestos han tenido históricamente un papel marginal y asociado a motivos recaudatorios, y su nivel actual está por debajo de los países de nuestro entorno. También porque el desinterés del Gobierno central ha sido aprovechado por las comunidades autónomas (CC. AA.) para crear impuestos propios en este ámbito, generalmente mediante figuras de escasa efectividad ambiental y sin ningún tipo de coordinación.

En este contexto, el artículo formula una serie de propues-

tas de reforma de la fiscalidad energético-ambiental española que permitan avanzar en la transición hacia una economía descarbonizada, centrándose en el transporte, por ser la principal fuente de emisiones de GEI. Asimismo, también se analizan dos cuestiones importantes para el éxito de estas reformas: su capacidad de ser percibidos y su adaptación en el marco institucional español. Los resultados obtenidos muestran el gran potencial recaudatorio de la fiscalidad sobre el transporte, aunque se apuntan posibles efectos no deseados sobre la distribución de la renta o sobre la competitividad de la economía española. Cuestiones que podrían dificultar o incluso bloquear su aplicación. La utilización de la recaudación generada para diseñar compensaciones para los afectados por las consecuencias negativas podría facilitar la aplicación de las medidas propuestas (para un estudio distributivo pormenorizado de algunas de las medidas aquí propuestas véase Gago et al., 2020).

El artículo se organiza en siete secciones, incluyendo esta introducción. En la segunda se hace un breve resumen de la importancia de la fiscalidad energético-ambiental desde un punto de vista teórico. La anómala (y paradójica) situación española

en el uso de estos impuestos es descrita en la siguiente sección. Situación que justifica la formulación de una serie de propuestas de reforma de la fiscalidad española sobre el transporte en la cuarta sección, con una primera evaluación de sus efectos a corto plazo. Las dos siguientes secciones abordan, respectivamente, la *saliencia* de estos impuestos y su encaje en un sistema fiscal descentralizado como el español. El trabajo finaliza con la correspondiente sección de conclusiones e implicaciones de la política.

II. IMPUESTOS ENERGÉTICOS Y POLÍTICA CLIMÁTICA

Tradicionalmente, los impuestos sobre la energía se han utilizado con finalidad recaudatoria. La baja elasticidad-precio de los productos gravados (véase Labandeira, Labeaga y López-Otero, 2017), permite que los impuestos energéticos generen una recaudación elevada y estable. Por ello, en la actualidad, estos impuestos tienen un peso considerable en los ingresos públicos

de los gobiernos, alcanzando el 4,7 por 100 de la recaudación impositiva (el 1,8 por 100 del PIB) (1) en los países de la Unión Europea (UE) en 2017 (Comisión Europea, 2019a); el 6,4 por 100 (1,8 por 100 del PIB) en Australia en 2016; el 2,6 por 100 (0,7 por 100 del PIB) en EE.UU. en 2016; el 4,5 por 100 (1,4 por 100 del PIB) en Japón en 2016; o el 3,6 por 100 (0,7 por 100 del PIB) en China en 2015 (OCDE, 2019a).

No obstante, las actividades del sector energético ge-

CUADRO N.º 1

GENERACIONES DE RFV

GENERACIONES	POLÍTICA IMPOSITIVA	RECICLAJE RECAUDATORIO	PAÍSES
Primera	Introducción de impuestos sobre la energía con fuerte componente ambiental	- Reducciones en IRPF e impuesto sobre sociedades - Neutralidad recaudatoria	Suecia (1991) Noruega (1992) Holanda (1992) Estonia (2006)
Segunda	Incremento de los impuestos convencionales sobre la energía	- Reducciones en las cotizaciones sociales - Neutralidad recaudatoria	Reino Unido (1996) Finlandia (1998) Alemania (1999) R. Checa (2008)
		- Desarrollo sostenible y conservación	Costa Rica (1997)
		- Renovables	Alemania (2000) Holanda (2013)
		- Compensaciones a hogares y empresas - Reducción de emisiones en edificios	Suiza (2008)
		- Consolidación fiscal	Irlanda (2009) Islandia (2010) México (2014) Chile (2017)
		- Eficiencia energética	Eslovenia (2010)
Tercera	Introducción o incremento de impuestos energético-ambientales	- Reducción de otros impuestos - Renovables y eficiencia energética - Compensaciones a hogares y empresas	Australia (2012-2014)
		- Mitigación del cambio climático	Japón (2012)
		- Reducción impuesto sociedades - Compensaciones distributivas - Inversiones de mejora ambiental	Francia (2014)
		- Movilidad sostenible y conservación	Portugal (2015)
		- Consolidación fiscal - Edificación y transporte	Argentina (2018)
		- Determinado por cada provincia	Canadá (2019)
		- Reducción impuesto electricidad - Renovables y eficiencia energética - Financiación transporte público	Sudáfrica (2019)

Fuentes: Gago y Labandeira (2014a), Gago, Labandeira y López-Otero (2016), Banco Mundial (2019) y elaboración propia.

neran importantes externalidades ambientales (véanse Gago, Labandeira y López-Otero, 2014b; Ecofys, 2014; Rabl y Spadaro, 2016; van Essen *et al.*, 2019a), siendo la fuente fundamental de emisiones de GEI. Así, el 77 por 100 de las emisiones españolas de GEI en 2017 estaban relacionadas con la energía, alcanzando el 79 por 100 en el caso de la UE (Eurostat, 2019b). Aunque existen diversos instrumentos regulatorios para abordar este problema (véase Labandeira, López-Otero y Rodríguez, 2007), los impuestos presentan características que los hacen adecuados para esta finalidad. Así, desde un punto de vista estático, permiten minimizar los costes totales de alcanzar un determinado objetivo ambiental al incentivar la adopción de las alternativas más baratas de descontaminación (Fullerton, 2001; Stavins, 2013). Desde el punto de vista dinámico, los impuestos suponen un incentivo continuo a la reducción del deterioro ambiental porque promueven inversiones en procesos productivos y tecnologías limpias que permitan reducir los pagos impositivos futuros de los contaminadores (Requate, 2005).

Las características recaudatorias y ambientales de estos impuestos han hecho que algunos países los hayan utilizado en el marco de una reforma fiscal verde (RFV), de manera que su introducción va acompañada del uso de la recaudación generada para reducir el peso de otros impuestos más distorsionantes (véanse Gago y Labandeira, 1999; Gago, Labandeira y López-Otero, 2016) (2). El cuadro n.º 1 distingue las diferentes generaciones de RFV que se han ido sucediendo en las últimas décadas. La primera fue utilizada por los países escandina-

vos hace unos treinta años para permitir reducciones sustanciales de sus impuestos sobre la renta personal. En los años de cambio de siglo algunos países experimentaron nuevas soluciones, con el incremento de los impuestos tradicionales sobre la energía y el uso de la recaudación para reducir las cotizaciones sociales empresariales. Finalmente, desde la gran recesión se están aplicando RFV caracterizadas por un empleo de la recaudación más flexible y heterogénea (programas distributivos, de eficiencia energética, de apoyo a las renovables, etc.)

A pesar de las favorables condiciones de aplicación y del creciente número de experiencias, el nivel actual de estos impuestos continúa estando por debajo del nivel de internalización de daños ambientales, sin que se hayan producido cambios sustanciales en los últimos años (OCDE, 2019b). Esta situación es especialmente evidente en el caso español, caracterizado por anomalías que creemos demandan una reforma sustancial y en el corto plazo.

III. ESPAÑA, CASO PARADIGMÁTICO DE LOS LÍMITES DE LA FISCALIDAD ENERGÉTICO-AMBIENTAL

La imposición energético-ambiental ha tenido siempre un papel marginal en el sistema fiscal español. El Gobierno central ha sido reacio a su aplicación, debido a supuestos impactos negativos sobre el crecimiento económico y la competitividad (Labandeira, López-Otero y Picos, 2009), de forma que la fiscalidad estatal sobre la energía ha tenido una finalidad fundamentalmente recaudatoria, incorporándose los

motivos ambientales de manera indirecta y limitada (véase Gago *et al.*, 2019b).

Este desinterés del Gobierno central ha permitido que las CC. AA. hayan podido desarrollar su autonomía tributaria en este campo. Las CC. AA. tienen limitada su capacidad para establecer impuestos propios, ya que la legislación que regula su financiación (LOFCA, Ley Orgánica 8/1980) establece importantes restricciones a su introducción (3). En este contexto, las CC. AA. han optado por introducir impuestos de carácter mayoritariamente extrafiscal, es decir, impuestos cuya finalidad principal no es la obtención de recursos financieros sino de servir como instrumento de regulación e intervención económica. Y una de las áreas de actuación más importantes de la fiscalidad autonómica son los impuestos ambientales, especialmente los que gravan el sector energético (véanse Labandeira, López-Otero y Picos, 2009; CERMFA, 2017; Gago *et al.*, 2019b).

Sin embargo, en la introducción de estas figuras casi siempre han prevalecido los objetivos recaudatorios y los motivos ambientales han estado muy difuminados. Como consecuencia, en general, son impuestos que no definen bien las externalidades, no estiman los costes sociales adecuadamente, tienen problemas de asignación jurisdiccional, su capacidad para lograr cambios de comportamiento es limitada y apenas cuentan con mecanismos de coordinación interjurisdiccional (véanse Labandeira, López-Otero y Picos, 2009; Gago y Labandeira, 2014a; Gago, Labandeira y López-Otero, 2014b; CERSTE, 2014; OCDE, 2015; Montes, 2019).

CUADRO N.º 2

IMPUESTOS ENERGÉTICOS EN LA UNIÓN EUROPEA, 2018
(Porcentaje sobre precios energéticos)

PAÍS	ELECTRICIDAD (HOGARES)	GAS NATURAL (HOGARES)	FUELÓLEO LIGERO (HOGARES)	DIÉSEL DE AUTOMOCIÓN (NO COMERCIAL)	GASOLINA SIN PLOMO (95 RON)
Francia	36,20 (117)	27,18 (114)	33,71 (102)	59,01 (108)	62,51 (104)
Alemania	53,83 (174)	24,39 (102)	24,81 (75)	51,67 (95)	60,66 (101)
Italia	32,82 (106)	35,80 (150)	49,77 (151)	59,54 (109)	63,60 (106)
España	21,39 (69)	20,22 (85)	29,21 (89)	47,84 (88)	53,10 (88)
R. Unido	4,78 (15)	4,77 (20)	23,52 (71)	61,23 (112)	62,94 (105)
UE-23*	31,03 (100)	23,91 (100)	32,95 (100)	54,56 (100)	60,04 (100)

PAÍS	ELECTRICIDAD (INDUSTRIAL)	GAS NATURAL (INDUSTRIAL)	FUELÓLEO LIGERO (INDUSTRIAL)	DIÉSEL DE AUTOMOCIÓN (COMERCIAL)
Francia	22,08 (103)	16,23 (139)	22,18 (111)	50,79 (112)
Alemania	49,10 (229)	15,67 (134)	11,10 (56)	42,50 (94)
Italia	34,83 (162)	11,93 (102)	38,72 (194)	51,57 (112)
España	5,07 (24)	2,11 (18)	14,34 (72)	36,88 (82)
R. Unido	3,86 (18)	3,29 (28)	20,31 (102)	53,55 (119)
UE-23*	21,44 (100)	11,68 (100)	19,99 (100)	45,15 (100)

Notas:

* Media ponderada por población de los 23 países de la UE que pertenecen a la OCDE.

** Entre paréntesis, niveles respecto a la media de la UE-23.

Fuente: IEA (2019) y elaboración propia.

Ambos fenómenos ayudan a entender el escaso peso recaudatorio de la fiscalidad energética en España, que representó el 1,5 por 100 del PIB y el 4,5 por 100 de la recaudación impositiva en 2017, respectivamente tres y dos décimas por debajo de la media de la UE (Comisión Europea, 2019a). Asimismo, el peso de los impuestos en el precio de los principales productos energéticos es inferior al peso medio en la UE-23, tal como recoge el cuadro n.º 2.

Esta situación no se corresponde con el papel que estos impuestos podrían desempeñar en el sistema fiscal español, donde la evidencia empírica disponible es claramente favorable (véanse Gago, Labandeira y López-Otero, 2014a; Gago, Labandeira y López-Otero 2016; CETE, 2018; Robinson *et al.*, 2019). De hecho, la

literatura académica muestra que la fiscalidad energético-ambiental tiene una capacidad recaudatoria importante, con impactos macroeconómicos reducidos (más favorables cuando se lleva a cabo una RFV), efectos limitados sobre la demanda e impactos distributivos que incluso pueden ser progresivos con determinados usos de la recaudación (4) (Gago *et al.*, 2019b). En este contexto, en los últimos años tanto las comisiones de expertos creadas por el Gobierno español (véanse CERSTE, 2014; CERMFA, 2017; CERSFL, 2017; CETE, 2018) como distintos organismos internacionales (IEA, 2015; OCDE, 2015, 2018; Comisión Europea, 2017; FMI, 2018) han formulado propuestas de reformas fiscales que elevan significativamente el peso de la fiscalidad energético-ambiental en España, sin que por ahora hayan sido tomadas en consideración.

IV. PROPUESTAS DE REFORMA FISCAL EN EL ÁMBITO DEL TRANSPORTE

La limitada experiencia española con la fiscalidad energético-ambiental puede ser vista como una oportunidad, porque ha preservado un espacio fiscal poco explorado sobre cuya utilización existe un consenso académico amplio y favorable. Por ello, teniendo en cuenta la necesidad de reducir de forma considerable las emisiones de GEI para lograr la transición hacia una economía descarbonizada y la conveniencia de priorizar actuaciones fiscales en este ámbito, se presentan una serie de propuestas de reforma de la fiscalidad energético-ambiental aplicada sobre el sector transporte.

El sector del transporte es el principal contribuyente a las emisiones españolas de GEI (generó el 27 por 100 de las emisiones en 2018, con un 2,7 por 100 de incremento respecto al año anterior). Más del 92 por 100 de sus emisiones proceden del transporte por carretera (Ministerio para la Transición Ecológica, 2019a), por lo que es necesario considerar propuestas fiscales intensas a corto y a medio-largo plazo. Por su parte, aunque las emisiones del transporte aéreo tienen un peso más reducido (6,4 por 100 del total, incluyendo la aviación internacional), el incremento acumulado que están experimentando puede convertir a este sector en uno de los principales responsables de las emisiones de GEI en las próximas décadas (5). Por ello, este artículo incorpora el diseño y primera evaluación de un impuesto sobre la aviación.

1. Impuestos sobre el transporte rodado

Incremento de la tributación existente sobre los carburantes de automoción

El impuesto sobre hidrocarburos en España, al igual que en la mayoría de los países, grava con un tipo impositivo más elevado la gasolina que el diésel. Si bien las emisiones de CO₂ por kilómetro de los vehículos de gasolina son, en general, mayores que los de los vehículos diésel, los impuestos sobre los carburantes no gravan la distancia recorrida, sino el consumo de carburantes, y es la gasolina la que genera menores emisiones por litro (tanto de GEI como de contaminantes locales). Además, el transporte por carretera genera otras importantes externalidades, como la congestión, el ruido, los accidentes o

los costes de la infraestructura (véanse Maibach *et al.*, 2008; van Essen, 2011, 2019a; Korzhenevych *et al.*, 2014) que, en general, están más vinculadas a la distancia recorrida que al consumo de carburantes. En este contexto, es probable que el coste social de dichas externalidades por litro de carburante sea mayor para el diésel, ya que los vehículos que utilizan este carburante normalmente son más eficientes y cada litro de carburante permite recorrer una mayor distancia (véase Harding, 2014).

En estas circunstancias, la primera medida que debería considerarse sería la elevación del tipo impositivo del diésel para igualarlo al de la gasolina. Realizando una simulación sencilla de los impactos a corto plazo de esta medida, que se describe en detalle en el Anexo y cuyos resultados

recoge el cuadro n.º 3, se observa un importante incremento de la recaudación (más de 2.600 millones de euros adicionales) y una significativa reducción de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), el principal de los GEI, por la caída del consumo agregado de diésel y gasolina.

En cualquier caso, para abordar los elevados costes externos del transporte rodado (véase el cuadro n.º 5) son necesarias medidas sustancialmente más intensas. De hecho, los impuestos que gravan el transporte rodado en la UE cubren menos del 60 por 100 de los costes externos generados por este (menos del 45 por 100 si se incluyen los costes de la infraestructura según van Essen *et al.*, 2019b) por lo que cabe esperar que la cobertura en España sea aún menor por su reducida fiscalidad. Una pro-

CUADRO N.º 3

EFFECTOS DE LA IGUALACIÓN DE LOS TIPOS IMPOSITIVOS DE DIÉSEL Y GASOLINA

CARBURANTE	PRECIO FINAL (%)	CONSUMO (%)	EMISIONES DE CO ₂ (%)	RECAUDACIÓN ADICIONAL (MILLONES DE EUROS)		
				HIDROCARBUROS	IVA	TOTAL
Diésel no comercial	9,46	-1,90	-1,90	1.509	272,6	1.782
Diésel comercial	9,46	-1,90	-1,90	860	-	860
Total	-	-1,57	-1,61	2.370	272,6	2.643

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO N.º 4

EFFECTOS DE IGUALACIÓN E INCREMENTO DE LOS TIPOS IMPOSITIVOS DE DIÉSEL Y GASOLINA

CARBURANTE	PRECIO FINAL (%)	CONSUMO (%)	EMISIONES DE CO ₂ (%)	RECAUDACIÓN ADICIONAL (MILLONES DE EUROS)		
				HIDROCARBUROS	IVA	TOTAL
Gasolina 95	20,53	-5,20	-5,20	1.086	189	1.275
Diésel no comercial	31,46	-6,32	-6,32	4.776	855,5	5.631
Diésel comercial	31,46	-6,32	-6,32	2.723	-	2.723
Total	-	-6,12	-6,15	8.584	1.044,5	9.628

Fuente: Elaboración propia.

puesta fiscal de mayor entidad podría consistir en incrementar los tipos impositivos de gasolina y diésel en España hasta alcanzar el nivel medio de la gasolina en los principales países europeos (Alemania, Francia, Italia y Reino Unido). El cuadro n.º 4 resume sus principales efectos: importantes ingresos impositivos (casi 10.000 millones de euros adicionales por año), al mismo tiempo que reduciría de forma significativa el consumo de carburantes y las emisiones de CO₂ (6,1 por 100).

La viabilidad de una reforma con esta intensidad requiere varias condiciones. En primer lugar, una programación estable y gradual en el tiempo que atempere sus impactos. En segundo lugar, como ya se avanzó con anterioridad, un esquema de reciclaje que anticipe y aborde los efectos sobre la actividad económica y la distribución de renta (6). Y, por último, dado que el impuesto sobre hidrocarburos emplea tipos impositivos unitarios (€/l), la reforma debe incorporar un mecanismo que ajuste periódicamente los tipos impositivos en función de la inflación, para evitar que se reduzca su peso en términos reales (7).

Impuesto sobre el uso real de los vehículos

Si bien a corto y medio plazo la reforma de los impuestos actuales sobre el transporte por carretera puede generar efectos importantes, a largo plazo será precisa una transformación más radical de la fiscalidad sobre el sector. Por una parte, se está reduciendo la capacidad recaudatoria de los impuestos tradicionales, y cabe esperar que esta tendencia se agudice en las próximas décadas (8), debido a

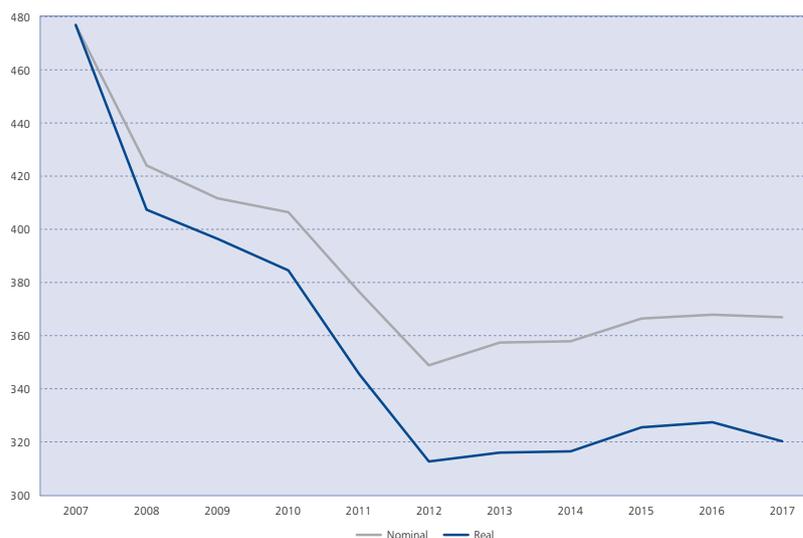
las mejoras en la eficiencia energética de los vehículos por avances tecnológicos y a los cambios en los hábitos de los consumidores que favorecen la accesibilidad sobre la propiedad (véase Gago, Labandeira y López-Otero, 2018). Esta evolución es palmaria en el caso español (gráfico 1), con una reducción del 23 por 100 en términos nominales (33 por 100 en términos reales) de la recaudación por vehículo durante el período 2007-2017.

Por otra parte, ya se ha indicado que el transporte por carretera genera una serie de externalidades (cuadro n.º 5) que los impuestos tradicionales no son capaces de abordar. El cuadro apunta a la ausencia de relación directa entre el consumo de carburantes, principal elemento de la actual fiscalidad sobre el transporte rodado, y las externalidades, sino que estas dependen

de otros factores, principalmente el momento de circulación del vehículo y su localización.

En este contexto, sería aconsejable realizar una profunda transformación de la fiscalidad del transporte por carretera, que garantice una recaudación elevada y estable y, al mismo tiempo, aborde el problema de las externalidades. Para lograrlo, una opción propicia sería la introducción de impuestos sobre el uso real del vehículo aprovechando las tecnologías de geolocalización existentes para distinguir entre tipos de vehículo, hora del uso y localización. Estos impuestos permitirían abordar simultáneamente las externalidades enunciadas, es decir, la contaminación global (tipos variables en función del tipo de vehículo), la contaminación local y el ruido (tipos variables en función del tipo de vehículo, el momento

GRÁFICO 1
RECAUDACIÓN MEDIA POR VEHÍCULO DE LA FISCALIDAD DEL TRANSPORTE EN ESPAÑA
(Euros)



Fuentes: Ministerio de Hacienda (2019); AEAT (2019a, 2019b); DGT (2019a, 2019b) y elaboración propia.

CUADRO N.º 5

PRINCIPALES EXTERNALIDADES ASOCIADAS AL TRANSPORTE POR CARRETERA

EXTERNALIDAD	DESCRIPCIÓN	PRINCIPALES FACTORES DETERMINANTES	COSTE (% PIB)*
Congestión	Pérdidas de tiempo e incrementos en los costes operativos que la entrada de un vehículo adicional impone a todos los usuarios cuando el volumen de circulación es superior a la capacidad máxima.	- Tipo de carretera - Ubicación de la carretera - Momento del día	0,29-2,36
Contaminación atmosférica local	Daños a la salud, los ecosistemas, las infraestructuras y las actividades económicas derivados de la emisión de contaminantes locales (partículas, NO _x , SO _x , COV, HC, O ₃).	- Ubicación y tipo de carretera - Tipo de vehículo, carburante - Tipo de carburante - Modo de conducción - Duración del desplazamiento	0,15-1,97
Contaminación atmosférica global	Daños derivados del aumento de temperaturas como consecuencia de las emisiones a la atmósfera de GEI (CO ₂ , N ₂ O, CH ₄).	- Consumo de carburante - Tipo de vehículo, carburante - Modo de conducción	0,11-1,00
Accidentes	Costes médicos, daños materiales, costes administrativos, pérdidas de producción y sufrimiento derivados de los accidentes que no están cubiertos por las primas de seguros.	- Tipo de carretera - Volumen de tráfico - Modo de conducción - Momento del día - Condiciones meteorológicas	0,49-1,75
Ruido	Costes para la salud y molestias derivados del ruido provocado por los vehículos.	- Ubicación de la carretera - Momento del día - Nivel existente de ruido - Tipo de carretera y vehículo - Modo de conducción	0,13-0,65

* Costes estimados en la literatura académica (véase Gago, Labandeira y López-Otero, 2018).

Fuentes: Maibach et al. (2008), Gago, Labandeira y López-Otero (2018) y elaboración propia.

del día y la localización), la congestión (tipos variables por momento del día y la localización) y los accidentes y los costes de la infraestructura (tipos variables en función del tipo de vehículo y la localización). Además, evitarían la caída de la recaudación como consecuencia de las mejoras en la eficiencia de los vehículos (Langer, Maheshri y Winston, 2017) y conllevarían una serie de beneficios adicionales, incluyendo nuevos servicios de valor añadido (pago automático de aparcamientos y peajes, seguros en función del uso del vehículo, asistencia en ruta en tiempo real), incremento de la seguridad (suministro de alertas sobre situaciones peligrosas en las carreteras), así como la generación de una base de datos anónimos sobre desplazamientos que se podría emplear para la mejora

de la planificación y operatividad del transporte.

En Gago, Labandeira y López-Otero (2019) se hace una propuesta en este sentido, denominada impuesto global y automático sobre los vehículos (IGAV), que vendría a reemplazar a los impuestos existentes sobre los vehículos (cuadro n.º 6a). Este nuevo impuesto gravaría el uso del vehículo según el momento del día, la localización y, sobre todo, el tipo de vehículo (antigüedad y características tecnológicas). De este modo, el gravamen de la distancia recorrida permitiría abordar los costes de los accidentes, la contaminación global y el deterioro de la infraestructura, mientras el tipo impositivo horario en función de la localización cubriría los costes de la congestión,

ruido y contaminación local. Por último, el impuesto también podría incorporar un peaje de acceso a determinadas infraestructuras o zonas, relacionado con los costes de congestión y desgaste de la infraestructura (cuadro n.º 6b).

Este impuesto tendría como umbral mínimo de recaudación todos los ingresos actuales derivados de los impuestos sobre los automóviles. Así, si calculamos la recaudación obtenida (impuestos sobre carburantes, matriculación e impuesto sobre vehículos de tracción mecánica (IVTM), véase la metodología en el Anexo) en 2017, el umbral sería 8.621 millones de euros, repartidos entre el Estado (29,65 por 100), las CC. AA. (49,74 por 100) y las corporaciones locales (20,61 por 100). En el umbral máximo, si se

CUADRO N.º 6

CARACTERÍSTICAS DEL IGAV

a) Ilustración tarifaria del IGAV

	ZONA 1 (URBANA)	ZONA 2	ZONA ... (NO URBANA)
Vehículo tipo 1	Tarifa Acceso 1 Tarifa horaria 1. ^a (...) Tarifa valle Tarifa valle	Tarifa horaria 2. ^a (...) Tarifa valle Tarifa valle	Tarifa valle
Vehículo tipo ...	Tarifas horarias/ acceso/valle Tarifa valle	Tarifas horarias/ acceso/valle Tarifa valle	Tarifa valle

b) Cobertura de externalidades por componente de IGAV

VEHÍCULO TIPO 1	PAGO	EXTERNALIDADES				
		CONGESTIÓN	C. LOCAL/ RUIDO	C. GLOBAL	ACCIDENTES	INFRAESTRUCTURAS
Tarifa Acceso	Euros	X	-	-	-	X
Tarifa horaria 1 ^a	Euros/hora	X	X	-	-	-
Tarifa valle	Euros/km	-	-	X	X	X

Fuente: Gago, Labandeira y López-Otero (2019).

asumiese como objetivo cubrir la totalidad de los costes externos asociados, los tipos impositivos se incrementarían gradualmente y la capacidad recaudatoria de este impuesto sería mucho mayor. En concreto, si consideramos los costes externos medios asociados al transporte rodado resumidos en el cuadro n.º 5 y asumimos que los conductores no reaccionan ante el cambio impositivo, al final del proceso

la recaudación podría acercarse a los 50.000 millones de euros, mayoritariamente procedente del gravamen de la congestión (9). El cuadro n.º 7 recoge la distribución de la recaudación por cobertura de costes, cuyo cálculo está descrito con más detalle en el Anexo, que en gran parte tienen una naturaleza local por lo que la recaudación adicional podría contribuir de forma decisiva a la financiación de los municipios.

CUADRO N.º 7

RECAUDACIÓN MÁXIMA ESPERADA DEL IGAV
(Millones de euros y porcentaje del total)

Congestión	22.381 (45%)
Contaminación atmosférica local	2.260 (4,4%)
Contaminación atmosférica global	2.551 (5,1%)
Accidentes	14.275 (28,5%)
Ruido	1.784 (3,5%)
Coste de la infraestructura	6.741 (13,5%)
Total	49.992

Fuentes: Van Essen *et al.* (2019a), Schrotten *et al.* (2019), Ministerio de Fomento (2019), Ministerio para la Transición Ecológica (2019a) y elaboración propia.

El principal problema para la introducción de este impuesto estaría relacionado con su aceptación social, que podría llegar a bloquear su aplicación. En este sentido, si se demuestra que el impuesto tiene impactos significativos sobre las externalidades asociadas al transporte y si se destina parte de la recaudación generada a financiar objetivos ambientales o de infraestructuras de transporte público la aceptación social del impuesto será mayor (Beuermann y Santarius, 2006; Gärling y Schuitema, 2007; Sælen y Kallbekken, 2011). En relación a sus efectos distributivos, su impacto sería similar al de los impuestos sobre los carburantes (Zhang *et al.*, 2009; McMullen, Zhang y Nakahara, 2010; Larsen *et al.*, 2012), de modo que, como se indicó anteriormente, se podría utilizar la recaudación generada para medidas compensatorias a los hogares que contrarresten cualquier impacto regresivo e incrementen la viabilidad del impuesto. Para acabar, el control permanente de la posición de los vehículos podría plantear problemas de intromisión en la privacidad de los ciudadanos, si bien la investigación en este ámbito está abordando esta cuestión de forma creciente, tratando de compatibilizar la acumulación de información externa con un cierto grado de control personal y anonimato.

2. Impuesto sobre los billetes de avión

Como se señaló anteriormente, el transporte aéreo es un sector que está experimentando una importante expansión en los últimos años. El número mundial de pasajeros se incrementó un 6,4 por 100 en el último año y un

74 por 100 en los últimos diez (ICAO, 2019b) y las proyecciones indican que se duplicará en los próximos 15-20 años (véanse Airbus, 2018; IATA, 2018). En España, 2018 supuso un máximo histórico de pasajeros, con un incremento del 5,8 por 100 en relación con el año anterior (AENA, 2019). El transporte aéreo es fuente de importantes externalidades (véase van Essen *et al.*, 2019a), principalmente relacionadas con sus emisiones de GEI. Sin embargo, disfruta de un régimen fiscal único basado en una serie de acuerdos y reglas nacionales, europeos, globales y bilaterales (Faber y Huigen, 2018), que implica la exención en la accisa sobre los carburantes y el IVA (ex-

cepto en los vuelos domésticos). Este marco de beneficios fiscales convive con el incremento del 32 por 100 de las emisiones de CO₂ de la aviación comercial durante los últimos cinco años (Graver, Zhang y Rutherford, 2019) y, con proyecciones que apuntan a que las emisiones en 2050 serán 7-10 veces mayores que en 1990 (Erbach, 2018).

Por consiguiente, parece recomendable la introducción de un impuesto sobre la aviación que equilibre el tratamiento fiscal con respecto a otros modos de transporte, con el objetivo fundamental de moderar la demanda (y externalidades asociadas) en el corto y medio plazo y de intro-

ducir señales que induzcan cambios tecnológicos y operativos de alcance. Un nuevo impuesto que además podría complementar la cobertura parcial de las externalidades ambientales a través del Sistema Europeo de Comercio de Emisiones (SECE) (10) y del Plan de reducción y compensación de carbono para la aviación internacional (CORSIA, por sus siglas en inglés) a partir de 2021 (11).

Para diseñarlo existen distintas alternativas, principalmente impuestos sobre los billetes de avión, sobre el carburante o IVA (Gobierno de Holanda, 2019), si bien las complicaciones legales y operativas existentes para aplicar impuestos sobre los carburantes

CUADRO N.º 8

IMPACTOS DE UN IMPUESTO SOBRE LOS BILLETES DE AVIÓN DE 50 EUROS/tCO₂

TIPO DE CONSUMIDOR	TIPO DE VUELO	PRECIO FINAL (%)	CONSUMO (%)	EMISIONES DE CO ₂ (%)	RECAUDACIÓN ADICIONAL (MILLONES DE EUROS)		
					I. AVIACIÓN	IVA	TOTAL
Residencial	Doméstico	5,38	-7,54	-7,54	89	-4,59	84
	Internacional	7,17	-6,69	-6,69	200	-	200
No residencial	Doméstico	5,38	-4,57	-4,57	20	0,22	20
	Internacional	7,17	-2,73	-2,73	587	-	587
Total		-	-4,77	-4,18	896	-4,37	892

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO N.º 9

IMPACTOS DE UN IMPUESTO SOBRE LOS BILLETES DE AVIÓN DE 50 EUROS/tCO₂-EQUIVALENTE

TIPO DE CONSUMIDOR	TIPO DE VUELO	PRECIO FINAL (%)	CONSUMO (%)	EMISIONES DE CO ₂ (%)	RECAUDACIÓN ADICIONAL (MILLONES DE EUROS)		
					I. AVIACIÓN	IVA	TOTAL
Residencial	Doméstico	9,96	-13,94	-13,94	153	-9,64	143
	Internacional	13,26	-12,38	-12,38	347	-	347
No residencial	Doméstico	9,96	-8,45	-8,45	35	0,26	35
	Internacional	13,26	-5,06	-5,06	1.060	-	1.060
Total		-	-8,82	-7,73	1.596	-9,39	1.587

Fuente: Elaboración propia.

o IVA aconsejan utilizar la primera opción. Teniendo en cuenta que una parte importante de las emisiones de la aviación se producen durante las actividades en el aeropuerto y en el despegue y aterrizaje (ciclos de aterrizaje-despegue, *LTO* por sus siglas inglés) (IPCC, 2006), el impuesto podría tener dos tipos impositivos, uno fijo por vuelo, que gravaría las emisiones durante el ciclo *LTO*, y otro variable en función de la distancia, que gravaría las emisiones durante la fase crucero.

El cuadro n.º 8 muestra el impacto a corto plazo que tendría la aplicación de un impuesto sobre los billetes no discrecional, aplicando un tipo de 50 euros/t sobre las emisiones de CO₂ que permita complementar otros precios existentes para aproximarse a la cobertura de costes externos (la descripción de la metodología empleada se describe en el Anexo). Como puede verse, generaría una recaudación global de casi 900 millones de euros, permitiendo reducir la demanda de vuelos un 4,8 por 100 y las emisiones de CO₂ un 4,2 por 100. Alternativamente, si el gravamen se extendiese a otras emisiones del sector aéreo, un impuesto de 50 euros/tCO₂-e elevaría la recaudación por encima de los 1.500 millones de euros, reduciendo la demanda un 8,8 por 100 y las emisiones de CO₂ un 7,7 por 100 (cuadro n.º 9).

En la práctica, la aplicación de un impuesto de este tipo requeriría bastantes cautelas para tratar de anticipar y contrarrestar sus posibles impactos negativos, especialmente en un país tan dependiente del turismo como España. En primer lugar, en términos de competitividad: si el impuesto se introduce unilateralmente podría producirse

un desplazamiento de pasajeros hacia otros países cercanos (Gordijn, Kolkman y McMullin, 2011; Borbely, 2019) por lo que su nivel inicial debería ser reducido e incrementable si se extiende su aplicación a los países limítrofes. En cualquier caso, el impacto negativo sobre la industria turística (Mayor y Tol, 2007, 2010; Forsyth *et al.*, 2014) podría hacer recomendable la aplicación de medidas compensatorias. Por último, el impuesto afectaría principalmente a los viajeros de menor renta al encarecer relativamente más los billetes de las compañías de bajo coste (Falk y Hagsten, 2019), por lo que habría que emplear algún esquema corrector como un impuesto creciente en función del número de vuelos que se realicen en cada ejercicio (Larsson *et al.*, 2019) o la devolución personalizada a los hogares de menor renta con un límite anual de vuelos. En este sentido, Gago *et al.* (2020) proporcionan un análisis del impacto distributivo de la introducción de un impuesto sobre la aviación y proponen una serie de paquetes compensatorios para los hogares. En cualquier caso, los usos recaudatorios del impuesto sobre la aviación no se agotan con las soluciones compensatorias: como en otros casos, parte de la recaudación podría destinarse a incentivar el desarrollo e implantación de tecnologías menos intensivas en emisiones en el sector.

V. LA SALIENCIA Y EL DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE LA FISCALIDAD ENERGÉTICO-AMBIENTAL

Teniendo en cuenta que el principal objetivo de la fiscalidad energético-ambiental es lograr un cambio en el comportamiento

de los agentes, es fundamental que estos perciban con claridad el impuesto. El concepto de *saliencia* impositiva se refiere a la capacidad de los impuestos para ser percibidos por los agentes (Gago y Labandeira, 2014b). Un supuesto central de la economía pública es que los agentes consideran completamente las políticas impositivas a la hora de tomar sus decisiones, de forma que responden del mismo modo ante cambios impositivos que ante cambios equivalentes en los precios (Chetty, Looney y Kroft, 2009). Sin embargo, existe una creciente evidencia empírica que muestra que la reacción de los consumidores ante cambios impositivos no es uniforme, sino que depende de la *saliencia* del impuesto, de forma que responderán más cuanto mayor sea su visibilidad (véanse Chetty, Looney y Kroft, 2009; Goldin y Homonoff, 2013; Feldman y Ruffle, 2015; Colantouni y Rojas, 2015). En el caso del sector energético, la literatura académica se ha centrado fundamentalmente en los impuestos sobre los carburantes, mostrando que los consumidores reaccionan más ante cambios impositivos que ante cambios equivalentes en los precios (véanse Davis y Killian, 2011; Baranzini y Weber, 2013; Li, Linn y Muehlegger, 2014; Rivers y Schaufele, 2015; Anderson, 2017; Bernard y Kihian, 2018; Lawley y Thivierge, 2018) (12). Esta literatura apunta a dos razones fundamentales para explicar este fenómeno: persistencia y *saliencia*.

Por una parte, los cambios de precios inducidos por impuestos son más persistentes que otros cambios de precios y, por tanto, pueden inducir cambios de comportamiento mayores (Davis y Killian, 2011). Así, los costes fijos de ajustar el comportamiento en la conducción y la compra de vehículos provocan que los

consumidores respondan más a cambios permanentes que a cambios transitorios en los precios o impuestos sobre las gasolineras (Li, Linn y Muehlegger, 2014). En este sentido, un efecto sobre el comportamiento es que los incrementos en los impuestos sobre los carburantes inducen la compra de vehículos más eficientes (Antweiler y Gulati, 2016).

Por otra parte, los incrementos en los impuestos sobre los carburantes generalmente van acompañados de una cobertura mediática que puede tener un efecto por sí misma (Davis y Killian, 2011; Li, LinnyMuehlegger, 2014). Además, en el caso de los impuestos ambientales, su *saliencia* también puede caracterizarse como un resentimiento del efecto *free-rider*. Así, si un conductor concienciado ambientalmente quiere contribuir a reducir las emisiones reduciendo su tiempo de conducción, un resultado de su decisión es la reducción de los costes de conducción para los conductores no concienciados (por ejemplo, reducción de la congestión), permitiéndoles conducir más. Esto puede provocar un resentimiento en el conductor concienciado, que se puede manifestar en un desincentivo a contribuir al bien público. La imposición de un impuesto sobre el carbono, como un incentivo extrínseco, eliminaría el problema del *free-rider* (Rivers y Schaufele, 2015).

En cualquier caso, la principal implicación de la *saliencia* de la fiscalidad energético-ambiental se deriva de su efecto sobre la elasticidad-precio de la demanda de energía. Así, si la reacción de los consumidores de energía ante incrementos impositivos es mayor que su respuesta ante variaciones equivalentes en los

precios, los impuestos sobre la energía son más efectivos que lo sugerido por la literatura empírica a la hora de abordar los problemas ambientales (Li, Linn y Muehlegger, 2014). En este contexto, el uso de las estimaciones tradicionales de la elasticidad-precio de la demanda de energía para evaluar los efectos de las políticas impositivas, al estimar a la baja la respuesta de los consumidores (Scott, 2012), generará predicciones inadecuadas de los efectos de dichas políticas sobre la recaudación impositiva, la demanda de energía y las emisiones asociadas (Rivers y Schaufele, 2015; Anderson, 2017). Esto, por supuesto, es aplicable a los cálculos presentados con anterioridad en este artículo, que por ello deben considerarse como un umbral mínimo en términos de efectividad ambiental (y máximo en términos recaudatorios).

Además, como consecuencia del impacto de la *saliencia* sobre la reacción de los consumidores, desplazar la carga fiscal sobre un producto hacia aquellos impuestos menos salientes permitirá incrementar los ingresos impositivos (Goldin y Homonoff, 2013). Dado que el grado de *saliencia* de los impuestos es, hasta cierto punto, una variable de elección de los decisores políticos (Congdon, Kling y Mullainathan, 2009), surge un *trade-off* ante la posible actuación de estos para aumentar la *saliencia* y la correspondiente efectividad ambiental a costa de efectos negativos sobre la recaudación.

El efecto de la *saliencia* sobre la elasticidad-precio también influye sobre la incidencia del impuesto sobre consumidores y productores, de modo que los consumidores soportarán una mayor carga impositiva cuanto

menor sea la *saliencia* del impuesto (Cheety, 2009; Bradley y Feldman, 2018). Con respecto a los impactos distributivos sobre los consumidores, si bien todos responden ante cambios en los impuestos más salientes, solo los que disponen de menor renta reaccionan ante variaciones en los impuestos menos salientes (Goldin y Homonoff, 2013), de forma que cuando un producto está gravado por varios impuestos, desplazar el gravamen hacia aquellos impuestos menos salientes podría reducir la carga fiscal sobre los consumidores más pobres, disminuyendo así su regresividad.

En suma, el nivel de *saliencia* impositiva influirá sobre el grado de aceptación social de un impuesto. Así, cuanto menor sea la *saliencia* del impuesto mayor será su aceptación social, lo que puede provocar que determinados cambios fiscales sean bloqueados o rechazados por los agentes a pesar de ser beneficiosos para ellos (Cabral y Hoxby, 2012). En este contexto, una mayor *saliencia* del impuesto reduce el gravamen aplicado e incrementa la probabilidad de que se aprueben límites a los tipos impositivos. En el ámbito energético, una RFV que incremente la fiscalidad energético-ambiental y reduzca el peso de otros impuestos más distorsionantes, aunque tenga un impacto positivo sobre los agentes, podría enfrentarse a un importante rechazo social debido a que los incrementos impositivos sobre los productos energéticos son más salientes que la reducción equivalente en otros impuestos (Gago y Labandeira, 2014b).

En resumen, lo apuntado en esta sección indica que el diseño e introducción en la práctica

de los impuestos energético-ambientales, particularmente en términos de visibilidad, es crucial para su efectividad ambiental e impactos recaudatorios. Esto requerirá una atención especial a su puesta en práctica y deberá informar, también, la evaluación empírica *ex ante* de estas figuras.

VI. LA FISCALIDAD ENERGÉTICO-AMBIENTAL EN UN MARCO DE FEDERALISMO FISCAL

Otra cuestión fundamental para que la reforma de la fiscalidad energético-ambiental tenga éxito es que se ajuste al marco político-institucional existente, de tipo federal en el caso de España. Así, si bien en un contexto teórico óptimo (Gago *et al.*, 2019a) los impuestos energético-ambientales deberían ser asignados preferentemente a aquellas jurisdicciones en las que se produzcan los costes y beneficios asociados al bien ambiental, existen razones que respaldan el uso de políticas subóptimas en las que entidades subcentrales aplican impuestos energético-ambientales sobre problemas ambientales cuyo alcance excede su jurisdicción (véase IPCC, 2014b).

Los Gobiernos subcentrales podrían compensar la falta de acción de los niveles de gobierno más elevados (Schreurs, 2008) y al mismo tiempo servir como laboratorio de prueba de distintos mecanismos para abordar el problema ambiental y verificar su efectividad (Oates, 1999, 2001). En el caso del cambio climático, si bien es un problema global, sus impactos pueden ser muy diferentes entre jurisdicciones, de modo que determinados Gobier-

nos subcentrales podrían querer ser más activos que los niveles más elevados de gobierno (Andreen, 2008). Además, los impuestos aplicados a nivel subcentral podrían permitir la reducción de otras externalidades de carácter más local (contaminación local, congestión, etc.), lo que justificaría su aplicación (Barker *et al.*, 2001). Para finalizar, los Gobiernos subcentrales están más próximos a los ciudadanos, de forma que pueden identificar mejor sus dificultades y necesidades, y son de menor tamaño, por lo que pueden adoptar decisiones más rápidas y flexibles (Puppim de Oliveira, 2009; Galarraga, González-Egino y Markandya, 2011).

De todos modos, para lograr que los impuestos energético-ambientales subcentrales sean efectivos es fundamental la coordinación de todas las figuras similares aplicadas por los distintos niveles jurisdiccionales (Bodansky *et al.*, 2016). La coordinación permite elevar el coste-efectividad de la política, minimizando los costes tanto conjuntos como de cada una de las jurisdicciones; reduciendo además los incentivos a la competencia fiscal destructiva, la volatilidad de precios y el poder de mercado (Bodansky *et al.*, 2015; Metcalf y Weisbach, 2012). Asimismo, aporta estabilidad regulatoria, ya que los cambios requerirán de la coordinación de los participantes, reduce los costes administrativos debido a las economías de escala y favorece una mayor participación simplificando la gestión política del instrumento (Mehling, Metcalf y Stavins, 2018).

En el caso español, como se explicó anteriormente, la fiscali-

dad energético-ambiental se ha desarrollado en gran medida a nivel autonómico, con un desajuste espacial importante entre jurisdicción y costes ambientales, sin que exista ningún mecanismo de coordinación. En este contexto, cualquier propuesta de reforma de la fiscalidad energético-ambiental debe abordar de forma prioritaria este problema. A modo de ejemplo, un sistema como el utilizado por Canadá para gravar el carbono (véase Gago *et al.*, 2019a) podría ser adecuado para España. El Gobierno central fijaría el marco de referencia de la política ambiental, estableciendo objetivos y fijando instrumentos (por ejemplo, un impuesto armonizado sobre emisiones de CO₂ de sectores no cubiertos por el SECE) de aplicación subsidiaria frente a los elegidos por cada CC. AA (13).

Las CC. AA. deben ser las encargadas de gestionar los problemas ambientales cuyo alcance espacial no supere su territorio, pero también será necesaria una cierta coordinación y armonización que permita que las políticas sean efectivas y no se genere una competencia fiscal destructiva. La propuesta de CERSTE (2014) y CERMFA (2017) de introducir impuestos estatales totalmente cedidos a las CC. AA., dando libertad a estas para establecer los tipos impositivos dentro de un margen, va en este sentido. Finalmente, teniendo en cuenta el desinterés histórico del Gobierno central por la fiscalidad energético-ambiental, las CC. AA. deben tener la facultad de ponerse de acuerdo para establecer normas comunes sobre problemas ambientales no regulados por el Gobierno central, mediante acuerdos de colaboración interregionales (14).

VII. CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

La fiscalidad energético-ambiental cuenta con una base teórica sólida y un amplio apoyo institucional. Sin embargo, su nivel actual está por debajo del deseable desde un punto de vista ambiental, por lo que parece inevitable su incremento en los próximos años si se quieren abordar los graves problemas a que nos enfrentamos. En el caso de España, a pesar de que la evidencia empírica es favorable y su potencial es considerable, el Gobierno central siempre ha sido reticente a aplicar estos impuestos. Como consecuencia, la experiencia española con estos instrumentos ha sido limitada, tanto en las figuras empleadas, en su perfil ambiental y en su marco institucional.

Esta situación puede verse como una oportunidad para este tipo de reformas fiscales, ya que dispone de un espacio fiscal poco explorado con un elevado consenso favorable a su aplicación. Este es el contexto en que se ha desarrollado este trabajo. El artículo formula una serie de propuestas de reforma de la fiscalidad energético-ambiental para España, centrándose en el sector del transporte por ser la principal fuente de emisiones de GEI. En el caso del transporte rodado, a corto plazo se recomienda igualar los tipos impositivos de gasolina y diésel como fórmula para incrementar la capacidad recaudatoria y de corrección de externalidades. Esta primera medida podría ir acompañada de un mecanismo que establezca incrementos anuales en los tipos impositivos por encima de la inflación y permita la elevación gradual de la fiscalidad sobre los carburantes hasta alcanzar

el nivel de los principales países europeos.

A medio y largo plazo, los grandes cambios que está experimentando el sector hacen necesaria una transformación de la fiscalidad que vaya más allá, en el sentido de que sea capaz de mantener la recaudación y al mismo tiempo permita abordar las importantes externalidades asociadas al transporte rodado. El artículo sugiere la sustitución de la fiscalidad existente sobre los vehículos por un impuesto global y automático, basado en las tecnologías de localización, con tipos impositivos variables en función del tipo de vehículo, la localización y el momento del día, de forma que se puedan abordar las distintas externalidades de forma adecuada.

En el caso del transporte aéreo, el artículo resalta la necesidad de adoptar medidas que frenen el imparable crecimiento del sector y de las emisiones asociadas. Para ello se recomienda la introducción de un impuesto no discrecional sobre los billetes de avión, que podría tener inicialmente un nivel reducido, a la espera de un escenario de coordinación internacional que permita su incremento a medida que su aplicación se extienda a otros países.

De todos modos, la elevación de la fiscalidad sobre el transporte habrá de tener en cuenta sus posibles impactos distributivos y sobre la competitividad, que podrían dificultar o incluso bloquear su aplicación. En este sentido, la utilización de la recaudación generada para diseñar compensaciones para el sector turístico y para mitigar los impactos distributivos negativos podría facilitar la aplicación de

las medidas propuestas (véase Gago et al., 2020).

Finalmente, el éxito de la reforma de la fiscalidad energético-ambiental dependerá de otros dos factores relevantes. Por una parte, de su *saliencia* o grado de percepción por los agentes que deben modificar su comportamiento. Por otra, del encaje de las reformas en el marco institucional español, para lo que es fundamental la definición de mecanismos de coordinación. En este sentido, el Gobierno central debería establecer los objetivos de las políticas ambientales y fijar los mecanismos subsidiarios para alcanzarlos, dando libertad a las CC. AA. para emplear los instrumentos que consideren más adecuados. Por último, la coordinación debiera extenderse a los problemas ambientales de alcance subcentral, asegurando una regulación armonizada para la determinación de los daños ambientales y las fórmulas para internalizarlos.

La efectividad de la fiscalidad energético-ambiental a la que nos hemos referido en este trabajo es crucial para abordar el reto a una economía descarbonizada. Los compromisos de reducción de emisiones de GEI a los que se ha comprometido la UE requieren de este tipo de mecanismos. Y cada vez existen más objetivos sociales y ambientales (reducción de la congestión, nuevos criterios de movilidad, etc.) que requieren de una mayor capacidad regulatoria y recaudatoria. La fiscalidad energético-ambiental puede ser clave para esa transición en España si consigue superar los límites y cautelas que plantea su aplicación.

NOTAS

(*) Los autores agradecen el apoyo financiero del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades y del Fondo Europeo de

Desarrollo Regional a través del proyecto RTI2018-093692-B-I00 (Gago, Labandeira y López-Otero).

(1) Dentro de los impuestos sobre la energía, la principal fuente de recaudación son los impuestos sobre los carburantes. Así, en la Unión Europea en 2017, estos tributos representaron el 3,2 por 100 de la recaudación impositiva y el 1,2 por 100 del PIB (Comisión Europea, 2019a).

(2) La denominada teoría del «doble dividendo» proporciona los fundamentos teóricos para la introducción de RFV, al sumar el beneficio ambiental al originado por la reducción de distorsiones fiscales (PEARCE, 1991). En la actualidad se asume que este uso recaudatorio solo logra una mejora en el bienestar en relación con su utilización para otros fines (GOUDER, 1995).

(3) Entre estas limitaciones destaca la prohibición expresa de someter hechos imposables que ya estén gravados por otras administraciones, así como la prohibición de establecer obstáculos a la libre circulación de bienes y factores productivos.

(4) Podría devolverse la recaudación adicional obtenida a los contribuyentes, de forma universal o restringida por decimas de renta, generando efectos redistributivos de intensidad diferente (véase GAGO *et al.*, 2020).

(5) En 2018 las emisiones de GEI de la aviación doméstica aumentaron un 10 por 100 respecto al año anterior, mientras que las de la aviación internacional se incrementaron un 8 por 100 (Ministerio para la Transición Ecológica, 2019a).

(6) La utilización de la recaudación adicional generada con los impuestos sobre los carburantes para medidas compensatorias a los hogares permitiría incrementar la progresividad de la reforma. Véase GAGO *et al.* (2020) para un análisis del impacto distributivo del incremento de la fiscalidad sobre los carburantes y de posibles paquetes compensatorios a los hogares.

(7) A pesar de que en los últimos años (2010-2018) en España se han incrementado ligeramente los tipos impositivos medios sobre diésel y gasolina en términos nominales (un 7,6 por 100 y un 5 por 100, respectivamente), en términos reales se ha producido una caída en los mismos (un 2,3 por 100 y un 4,7 por 100, respectivamente; IEA 2019).

(8) El consumo de carburantes por kilómetro de los coches nuevos en España se redujo un 2,9 por ciento anual entre 2007-2016 (véase ODYSSEE-MURE, 2019).

(9) Obviamente, la transición hacia el nuevo impuesto tendría que hacerse de manera gradual. En una primera fase los nuevos vehículos estarían obligados a incorporar un dispositivo con tecnología de geolocaliza-

ción, mientras que los vehículos existentes dispondrían de un plazo para introducirlo. Finalizada esta primera fase, el IGAV reemplazaría a la fiscalidad existente sobre los coches (véase GAGO, LABANDEIRA y LÓPEZ-OTERO, 2019).

(10) Las emisiones de CO₂ de la aviación están incluidas en el SECE desde su tercera fase (2012-2020), si bien su aplicación a los vuelos fuera del Espacio Económico Europeo (que representan el 75 por 100 de las emisiones [ADOLF y RÖHRIG, 2016]) se suspendió para evitar conflictos internacionales y para permitir el desarrollo de un mecanismo comparable de alcance global.

(11) El *Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA)* es un mecanismo de mercado que tiene como objetivo lograr que las emisiones de carbono del sector no se incrementen a partir de 2020, empleando unidades de emisión del mercado de carbono para compensar las emisiones de CO₂ que no se pueden reducir con combustibles sostenibles y mejoras tecnológicas y operativas (véase ICAO, 2019a). CORSIA está basado en créditos de carbono de proyectos compensatorios de adicionalidad cuestionable (véase TRANSPORT & ENVIRONMENT, 2019) frente a lo que ocurre en el SECE con el nuevo mecanismo de anulación (LARSSON *et al.*, 2019). SECE y CORSIA cubren las emisiones de CO₂, pero la aviación realiza emisiones de otros contaminantes, de forma que el impacto sobre el cambio climático de la aviación es 1,3-1,4 veces mayor que el efecto de sus emisiones de CO₂, incrementándose el factor hasta 1,7-2 si se incluyen las nubes inducidas por la aviación (LEE *et al.*, 2009; AZAR y JOHANSSON, 2012).

(12) En el caso de la aviación BRADLEY y FELDMAN (2018) analizan la obligación establecida en 2012 en EE.UU. de incluir todos los impuestos en los precios anunciados de los vuelos, mostrando que este incremento en la *saliencia* impositiva provocó una reducción significativa del volumen de pasajeros en los itinerarios más gravados.

(13) De esta manera, si una CC.AA. no definiere su propia política o esta no permitiese alcanzar los objetivos fijados, sería de aplicación el impuesto de carácter estatal.

(14) Las experiencias de Bélgica o EE.UU. (véase GAGO *et al.*, 2019a) ilustran cómo podrían funcionar este tipo de mecanismos de colaboración.

BIBLIOGRAFÍA

ADOLF, C. y RÖHRIG, K. (2016). *Gren taxes as a means of financing the EU budget: policy options*. Study commissioned by MEP Helga Trüpel. The Greens/European Free Alliance. Disponible en: <https://>

green-budget.eu/wp-content/uploads/2016-10-20_FINAL_Policy-Options-for-Ecological-European-own-resources.pdf

AEAT (2019a). *Estadística del impuesto de matriculación*. Disponible en: https://www.agenciatributaria.es/AEAT.internet/datosabiertos/catalogo/hacienda/Estadistica_del_Impuesto_sobre_Matriculacion_de_Vehiculos_Automoviles.shtml

— (2019b). *Informe anual de recaudación tributaria*. Disponible en: https://www.agenciatributaria.es/AEAT.internet/datosabiertos/catalogo/hacienda/Informes_anuales_de_Recaudacion_Tributaria.shtml

— (2019c). *Informes mensuales de recaudación tributaria*. Disponible en: https://www.agenciatributaria.es/AEAT.internet/datosabiertos/catalogo/hacienda/Informe_mensual_de_Recaudacion_Tributaria.shtml

AENA (2019). *Récord histórico en los aeropuertos de la red de Aena que cierran 2018 con más de 263,7 millones de pasajeros*. Disponible en: <http://www.aena.es/es/corporativa/record-historico-en-aeropuertos-red-aena-cierran-2018---con-mas-2637-millones-pasajeros.html>

AIRBUS (2018). *Global networks, global citizens. 2018-2037*. Disponible en: <https://www.airbus.com/content/dam/corporate-topics/publications/media-day/GMF-2018-2037.pdf>

ANDERSSON, J. (2017). *Cars, carbon taxes and CO₂ emissions*. *Working Paper*, 238. Centre for Climate Change Economics and Policy.

ANDREEN, W. L. (2008). *Federal climate change legislation and preemption*. *Environmental Energy Law & Policy Journal*, 3, pp. 261-302.

ANTWEILER, W. y GULATI, S. (2016). *Frugal cars or frugal drivers? How carbon and fuel taxes influence the choice and use of cars*. Disponible en SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2778868>

AZAR, C. y JOHANSSON, D. J. A. (2012). *Valuing the non-CO₂ climate impacts of aviation*. *Climate Change*, 111, pp. 559-579.

<p>BANCO MUNDIAL (2019). <i>State and trends of carbon pricing 2019</i>. Washington, DC: World Bank.</p> <p>BARANZINI, A. y WEBER, S. (2013). Elasticities of gasoline demand in Switzerland. <i>Energy Policy</i>, 63, pp. 674-680.</p> <p>BARKER, T., KRAM, T., OBERTHÜR, S. y VOOGT, M. (2001). The role of EU internal policies in implementing greenhouse gas mitigation options to achieve Kyoto targets. <i>International Environmental Agreements</i>, 1, pp. 243-265.</p> <p>BERNARD, J.-T. y KIHIAN, M. (2018). Carbon tax saliency: The case of B.C. diesel demand. <i>Working Paper, 2018-1</i>. CREATE.</p> <p>BEUERMANN, C. y SANTARIUS, T. (2006). Ecological tax reform in Germany: handing two hot potatoes at the same time. <i>Energy Policy</i>, 34, pp. 917-929.</p> <p>BODANSKY, D. M., HOEDL, S. A., METCALF, G. E. y STAVINS, R. N. (2015). Facilitating linkage of heterogeneous regional, national, and sub-national climate policies through a future international agreement. <i>Working Paper, 26.2015</i>. Fondazione Eni Enrico Mattei.</p> <p>— (2016). Facilitating linkage of climate policies through the Paris outcome. <i>Climate Policy</i>, 16, pp. 956-972.</p> <p>BORBELY, D. (2019). A case study on Germany's aviation tax using de synthetic control approach. <i>Transportation Research Part A: Policy and Practice</i>, 126, pp. 377-395.</p> <p>BRADLEY, S. y FELDMAN, N. E. (2018). <i>Hidden baggage: behavioral responses to changes in airline ticket tax disclosure</i>. Disponible en SSRN: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2708898</p> <p>CABRAL, M. y HOXBY, C. (2012). The hated property tax: Salience, tax rates, and tax revolts. <i>NBER Working Paper, 18514</i>. Cambridge, MA.</p> <p>CHETTY, R., LOONEY, A. y KROFT, K. (2009). Salience and taxation: Theory and evidence. <i>American Economic Review</i>, 99, pp. 1145-1177.</p>	<p>COLANTUONI, F. y ROJAS, C. (2015). The impact of soda sales taxes on consumption: evidence from scanner data. <i>Contemporary Economic Policy</i>, 33, pp. 714-734.</p> <p>COMISIÓN EUROPEA (2017). Revisión de la aplicación de la normativa medioambiental de la UE. Informe de España, SWD (2017) 42 final. Disponible en: http://ec.europa.eu/environment/eir/pdf/country-reports-archive/report_es_es.pdf</p> <p>— (2019a). <i>Taxation trends in the European Union, 2019</i>. Luxemburgo: Publications Office of the European Union.</p> <p>— (2019b). <i>Taxes in the field of aviation and their impact. Final Report</i>. Luxemburgo: Publications Office of the European Union.</p> <p>COMISIÓN DE EXPERTOS PARA LA REFORMA DEL SISTEMA TRIBUTARIO ESPAÑOL, CERSTE (2014). Informe disponible en: http://www.hacienda.gob.es/es-ES/Prensa/En%20Portada/2014/Documents/Informe%20expertos.pdf</p> <p>COMISIÓN DE EXPERTOS PARA LA REVISIÓN DEL MODELO DE FINANCIACIÓN AUTONÓMICA, CERMFA (2017). Informe disponible en: http://www.hacienda.gob.es/CDI/sist%20financiacion%20y%20deuda/informaci%C3%B3nccaa/informe_final_comisi%C3%B3n_reforma_sfa.pdf</p> <p>COMISIÓN DE EXPERTOS PARA LA REVISIÓN DEL SISTEMA DE FINANCIACIÓN LOCAL, CERSFL (2017). <i>Análisis de propuestas de reforma del sistema de financiación local</i>. Informe disponible en: http://www.hacienda.gob.es/CDI/sist%20financiacion%20y%20deuda/informacioneils/2017/informe_final_comisi%C3%B3n_reforma_sfl.pdf</p> <p>COMISIÓN DE EXPERTOS DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA, CETE (2018). <i>Análisis y propuestas para la descarbonización</i>. Disponible en: http://www6.mityc.es/aplicaciones/transicionenergetica/informe_cexpertos_20180402_veditado.pdf</p> <p>CONGDON, W. J., KLING, J. R. y MULLAINATHAN, S. (2009). Behavioral economics and tax policy. <i>National Tax Journal</i>, 62, pp. 375-387.</p>	<p>CONSEJO EUROPEO (2017). Reforma del régimen de comercio de derechos de emisión: el Consejo refrenda el acuerdo con el Parlamento Europeo. Disponible en: https://www.consilium.europa.eu/es/press/press-releases/2017/11/22/reform-of-the-eu-emissions-trading-system-council-endorses-deal-with-european-parliament/</p> <p>CORES (2019). Estadísticas. Disponible en: https://www.cores.es/es/estadisticas</p> <p>DAVIS, L. W. y KILIAN, A. L. (2011). Estimating the effect of a gasoline tax on carbon emissions. <i>Journal of Applied Econometrics</i>, 26, pp. 1187-1214.</p> <p>DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO, DGT (2019a). <i>Serías históricas – matriculaciones definitivas</i>. Disponible en: http://www.dgt.es/es/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/matriculaciones-definitivas/series-historicas/</p> <p>— (2019b). <i>Serías históricas – parque de vehículos</i>. Disponible en: http://www.dgt.es/es/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/parque-vehiculos/series-historicas/</p> <p>ECOFYS (2014). <i>Subsidies and costs of EU energy, Final Report</i>. Disponible en: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/ECOFYS%202014%20Subsidies%20and%20costs%20of%20EU%20energy_11_Nov.pdf</p> <p>ERBACH, G. (2018). <i>CO₂ emissions from aviation. European Parliamentary Research Service</i>. Disponible en: http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2017/603925/EPRS_BRI(2017)603925_EN.pdf</p> <p>EUROSTAT (2019a). <i>Air passenger transport by reporting country</i>. Disponible en: http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=avia_paoc&lang=en</p> <p>— (2019b). <i>Greenhouse gas emissions statistics – emission inventories. Statistics explained</i>. Disponible en: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Greenhouse_gas_emission_statistics</p> <p>FABER, J. y HUIGEN, T. (2018). <i>A study on aviation ticket taxes</i>. CE Delft.</p>
--	---	--

<p>Disponible en: https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publicacions/2018_12_CE_Delft_7L14_A_study_on_aviation_ticket_taxes_DEF.pdf</p> <p>FALK, M. y HAGSTEN, E. (2019). Short-run impact of the flight departure tax on air travel. <i>International Journal of Tourism Research</i>, 21, pp. 37-44.</p> <p>FELDMAN, N. E. y RUFFLE, B. J. (2015). The impact of including, adding and subtracting a tax on demand. <i>American Economic Journal: Economic Policy</i>, 7, pp. 95-118.</p> <p>FMI (2018). Spain. Staff report for the 2018 article IV consultation, <i>IMF Country Report</i>, n.º 18/330. Disponible en: https://www.imf.org/en/Publications/CR/Issues/2018/11/21/Spain-2018-Article-IV-Consultation-Press-Release-Staff-Report-and-Statement-by-the-Executive-46381</p> <p>FORSYTH, P., DWYER, L., SPURR, R. y PHAM, T. (2014). The impacts of Australia's departure tax: Tourism versus the economy? <i>Tourism Management</i>, 40, pp. 126-136.</p> <p>FULLERTON, D. (2001). A framework to compare environmental policies. <i>Southern Economic Journal</i>, 68, pp. 224-248.</p> <p>GAGO, A. y LABANDEIRA, X. (1999). <i>La reforma fiscal verde</i>. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.</p> <p>— (2014a). El Informe Miirlees y la imposición ambiental en España. En J. VIÑUELA (coord.), <i>Opciones para una reforma del sistema tributario español</i>. Madrid: Fundación Ramón Areces.</p> <p>— (2014b). La imposición ambiental como opción para España. <i>Papeles de Economía Española</i>, 139, pp. 142-152.</p> <p>GAGO, A., LABANDEIRA, X., LABEAGA, J.M. y LÓPEZ-OTERO, X. (2019a). Impuestos energético-ambientales, cambio climático y federalismo fiscal en España. <i>Ekonomiaz</i>, 95, pp. 276-290.</p> <p>— (2019b). Impuestos energético-ambientales en España: situación y propuestas eficientes y equitativas. <i>Documento de Trabajo de</i></p>	<p><i>Sostenibilidad 2/2019</i>, Fundación Alternativas.</p> <p>— (2020). Fiscalidad energético-ambiental y problemas distributivos. Un análisis para España. <i>Working Paper</i>, 02/2020. Economics for Energy. Disponible en: https://eforenergy.org/publicaciones.php</p> <p>GAGO, A., LABANDEIRA, X. y LÓPEZ-OTERO, X. (2014a). A panorama on energy taxes and green tax reforms. <i>Hacienda Pública Española</i>, 208, pp. 145-190.</p> <p>— (2014b). <i>Impuestos energético-ambientales en España. Informe 2013</i>. Economics for Energy. Disponible en: https://eforenergy.org/publicaciones.php</p> <p>— (2016). Las nuevas reformas fiscales verdes. <i>WP 05/2016</i>. Economics for Energy. Disponible en: https://eforenergy.org/publicaciones.php</p> <p>— (2018). Crisis y reforma de la fiscalidad del transporte. <i>Working Paper</i>, 01a/2018. Economics for Energy. Disponible en: https://eforenergy.org/publicaciones.php</p> <p>— (2019). Taxing vehicle use to overcome the problems of conventional transport taxes. En M. VILLAR-EZCURRA, J. MILNE, H. ASHABOR, M. SKOU-ANDERSEN (eds.), <i>Environmental fiscal challenges of cities and transport</i>. Cheltenham: Edward Elgar.</p> <p>GALARRAGA, I., GONZÁLEZ-EGUINO, M. y MARKANDYA, A. (2011). The role of regional governments in climate change policy. <i>Environmental Policy and Governance</i>, 21, pp. 164-182.</p> <p>GÄRLING, T. y SCHUITEMA, G. (2007). Travel demand management targeting reduced private car use: effectiveness, public acceptability and political feasibility. <i>Journal of Social Issues</i>, 63, pp. 139-153.</p> <p>GOBIERNO DE HOLANDA (2019). <i>Aviation taxes in Europe</i>. Conference paper for the Netherlands' conference Carbon Pricing and Aviation Tax 20/21 June, 2019. Disponible en: https://ministeriefinancienconferencecms.lwprod.nl/uploads/1560954245_ConferencepaperAviationtaxesinEuropeWEB.pdf.</p>	<p>GOLDIN, J. y HOMONOFF, T. (2013). Smoke gets in your eyes: cigarette tax salience and regressivity. <i>American Economic Journal: Economic Policy</i>, 5, pp. 302-336.</p> <p>GORDIJN, H., KOLKMAN, J. y McMULLIN, D. (2011). <i>Effects of the air passenger tax. Behavioral responses of passengers, airlines and airports</i>. KiM Netherlands Institute for Transport Policy Analysis.</p> <p>GOULDER, L. H. (1995). Environmental taxation and the double dividend: a reader's guide. <i>International Tax and Public Finance</i>, 2, pp. 157-183.</p> <p>GRAVER, B., ZHANG, K. y RUTHERFORD, D. (2019). CO₂ emissions from commercial aviation, 2018. <i>Working Paper</i>, 2019-16, International Council on Clean Transportation.</p> <p>HARDING, M. (2014). The diesel differential: differences in the tax treatment of gasoline and diesel for road use. <i>OECD Taxation Working Papers</i>, 21. OECD Publishing.</p> <p>IATA (2008). Air travel demand. <i>IATA Economics Briefing</i>, 9, IATA.</p> <p>— (2018). IATA pronostica 8200 millones de pasajeros aéreos en 2037. Comunicado n.º 62. Disponible en: https://www.iata.org/pressroom/pr/Documents/2018-10-24-02-sp.pdf</p> <p>ICAO (2019a). Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA) – Frequently asked questions (FAQs). Disponible en: https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Documents/CORSIA_FAQs_February%202019_clean_rev.pdf</p> <p>— (2019b). Presentation of 2018 air transport statistical results. Disponible en: https://www.icao.int/annual-report-2018/Documents/Annual.Report.2018_Air%20Transport%20Statistics.pdf</p> <p>IEA (2015). <i>Energy policies of IEA countries. Spain. 2015 Review</i>. París: OECD/IEA.</p> <p>— (2019). <i>Energy prices and taxes. Quarterly statistics</i>. París: OECD/IEA.</p> <p>INE (2019). <i>Encuesta de turismo de residentes</i>. Disponible en: https://www.ine.es</p>
--	--	---

<p>IPCC (2006). <i>2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories</i>. Hayama: IGES.</p> <p>— (2013). <i>Climate change 2013. The physical science basis</i>. Working group I contribution to the Fifth Assessment Report of the IPCC. New York: Cambridge University Press.</p> <p>— (2014a). <i>Climate change 2014. Impacts, adaptation, and vulnerability</i>. Working group II contribution to the Fifth Assessment Report of IPCC. New York: Cambridge University Press.</p> <p>— (2014b). <i>Climate change 2014. Mitigation of climate change</i>. Working Group III contribution to the Fifth Assessment Report of the IPCC. New York: Cambridge University Press.</p> <p>JONES, K. y BOCK, M. (2017). <i>Oregon's road usage charge. The OReGO program. Final Report</i>. Oregon Department of Transportation. Disponible en: https://www.oregon.gov/ODOT/Programs/RUF/IP-Road%20Usage%20Evaluation%20Book%20WEB_4-26.pdf</p> <p>KORZHENEVYCH, A., DEHNEN, N., BRÖCKER, J., HOLTkamp, M., MEIER, H., GIBSON, I., VARMA, A. y COX, V. (2014). <i>Update of the handbook on external costs of transport</i>. Londres: Ricardo-AEA.</p> <p>LABANDEIRA, X., LABEAGA, J. M. y LÓPEZ-OTERO, X. (2016). Un metaanálisis sobre la elasticidad precio de la demanda de energía en España y la Unión Europea. <i>Papeles de Energía</i>, 2, pp. 65-93.</p> <p>— (2017). A meta-analysis on the price elasticity of energy demand. <i>Energy Policy</i>, 102, pp. 549-568.</p> <p>LABANDEIRA, X., LÓPEZ-OTERO, X. y PICOS, F. (2009). La fiscalidad energético-ambiental como espacio fiscal para las comunidades autónomas. En S. LAGO y J. MARTÍNEZ (eds.), <i>La asignación de impuestos a las comunidades autónomas: desafíos y oportunidades</i>. Madrid: Instituto de Estudios Fiscales.</p> <p>LABANDEIRA, X., LÓPEZ-OTERO, X. y RODRÍGUEZ, M. (2007). La regulación ambiental del sector energético y sus alternativas correctoras. <i>Revista</i></p>	<p><i>de Economía Industrial</i>, 365, pp. 127-136.</p> <p>LANGER, A., MAHESHRI, V. y WINSTON, C. (2017). From gallons to miles: a disaggregate analysis of automobile travel and externality taxes. <i>Journal of Public Economics</i>, 152, pp. 34-46.</p> <p>LARSEN, L., BURRIS, M., PEARSON, D. y ELLIS, P. (2012). Equity evaluation of fees for vehicle miles traveled in Texas. <i>Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board</i>, 2297, pp. 11-20.</p> <p>LARSSON, J., ELOFSSON, A., STERNER, T. y AKERMAN, J. (2019). International and national climate policies for aviation: A review. <i>Climate Policy</i>, 19, pp. 787-799.</p> <p>LAWLEY, C. y THIVIERGE, V. (2018). Refining the evidence: British Columbia's carbon tax and household gasoline consumption. <i>Energy Journal</i>, 39, pp. 147-171.</p> <p>LEE, D. S., FAHEY, D. W., FORSTER, P. M., NEWTON, P. J., WIT, R. C. N., LIM, L. L. et al. (2009) Aviation and global climate change in the 21st century. <i>Atmospheric Environment</i>, 43, pp. 3520-3537.</p> <p>LI, S., LINN, J. y MUEHLEGGGER, E. (2014). Gasoline taxes and consumer behavior. <i>American Economic Journal: Economic Policy</i>, 6, pp. 302-342.</p> <p>LINDSEY, R. (2010). Reforming road user charges: a research challenge for regional science. <i>Journal of Regional Science</i>, 50, pp. 471-492.</p> <p>MAIBACH, M., SCHREYER, C., SUTTER, D., VAN ESSEN, H., BOON, B., SMOKERS, R. et al. (2008). <i>Handbook on estimation of external costs in the transport sector, Version 1.1</i>. Holanda: CE Delft.</p> <p>MAYOR, K. y TOL, R. (2007). The impact of the UK aviation tax on carbon dioxide emissions and visitor numbers. <i>Transport Policy</i>, 14, pp. 507-513.</p> <p>— (2010). The impact of European climate change regulations on international tourist markets. <i>Transportation Research Part D: Transport and Environment</i>, 15, pp. 26-36.</p>	<p>McLURE, C. E. (2009). Taxing commercial motor fuel in the European Union: The case for an apportionment-based, destination-principle system. <i>International Tax and Public Finance</i>, 16, pp. 395-414.</p> <p>McMULLEN, B. S., ZHANG, L. y NAKAHARA, J. (2010). Distributional impacts of changing from a gasoline tax to a vehicle-mile tax for light vehicles: A case study of Oregon. <i>Transport Policy</i>, 17, pp. 359-366.</p> <p>MEHLING, M. A., METCALF, G. E. y STAVINS, R. N. (2018). Linking climate policies to advance glob mitigation. <i>Science</i>, 359, pp. 997-998.</p> <p>METCALF, G. E. y WEISBACH, D. (2012). Linking policies when tastes differ: global climate policy in a heterogeneous world. <i>Review of Environmental Economics and Policy</i>, 6, pp. 110-129.</p> <p>MINISTERIO DE FOMENTO (2019). <i>Observatorio del transporte y la logística en España. Consultas de la base de datos</i>. Disponible en: http://apps.fomento.gob.es/BDOTLE/inicioBD.aspx?s=1</p> <p>MINISTERIO DE HACIENDA (2019). <i>Haciendas locales en cifras. Año 2017</i>. Madrid: Ministerio de Hacienda.</p> <p>MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA (2019a). <i>Avance de emisiones de gases de efecto invernadero correspondientes al año 2018</i>. Madrid: Ministerio para la Transición Ecológica.</p> <p>— (2019b). <i>Emisiones de gases de efecto invernadero. Edición 2019. Tablas de datos del reporte</i>. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/Inventario-GEL.aspx</p> <p>— (2019c). <i>Factores de emisión. Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono</i>. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/factores_emision_tcm30-479095.pdf</p> <p>— (2019d). <i>Sistema español de inventario de emisiones. Meto-</i></p>
---	--	--

<p><i>dologías de estimación de emisiones.</i> Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-0805_transporte_aereo_tcm30-446885.pdf</p> <p>MONTES, A. (2019). Imposición al carbono, derecho comparado y propuestas para España. <i>Documento de trabajo 1/2019</i>. Instituto de Estudios Fiscales.</p> <p>OATES, W. E. (1999). An essay on fiscal federalism. <i>Journal of Economic Literature</i>, 37, pp. 1120-1149.</p> <p>— (2001). A reconsideration of environmental federalism. <i>Discussion Paper. 01-54</i>, Resources for the Future.</p> <p>OCDE (2015). <i>OECD environmental performance reviews: Spain 2015</i>. París: OECD Publishing.</p> <p>— (2018). <i>Estudios económicos de la OCDE. España</i>. Noviembre 2018. Visión general. Disponible en: http://www.oecd.org/economy/surveys/Spain-2018-OECD-economic-survey-vision-general.pdf</p> <p>— (2019a). <i>Environmental related tax revenues</i>. Disponible en: https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=ENVENVPOLICY</p> <p>— (2019b). <i>Taxing energy use 2019: Using taxes for climate action</i>. París: OECD Publishing.</p> <p>— (2019c). <i>Taxing energy use 2019. Compare your country</i>. Disponible en: https://www.compareyourcountry.org/taxing-energy</p> <p>ODYSSEE-MURE (2019). <i>Key indicators. Specific consumption of new cars</i>. Disponible en: http://www.indicators.odyssee-mure.eu/online-indicators.html</p> <p>ONU (2015). <i>Paris Agreement</i>. Disponible en: https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf</p>	<p>PEARCE, D. (1991). The role of carbon taxes in adjusting to global warming. <i>Economic Journal</i>, 101, pp. 938-948.</p> <p>PUPPIM DE OLIVEIRA, J. A. (2009). The implementation of climate change related policies at the subnational level: An analysis of three countries. <i>Habitat International</i>, 33, pp. 253-259.</p> <p>RABL, A. y SPADARO, J. V. (2016). External costs of energy: how much is clean energy worth?, <i>Journal of Solar Energy Engineering</i>, 138, 040801.</p> <p>REQUATE, T. (2005). Dynamic incentives by environmental policy instruments: a survey. <i>Ecological Economics</i>, 54, pp. 175-195.</p> <p>RIVERS, N. y SCHAUFLE, B. (2015). Saliency of carbon taxes in the gasoline market. <i>Journal of Environmental Economics and Management</i>, 74, pp. 23-36.</p> <p>ROBINSON, D., LINARES, P., LÓPEZ-OTERO, X. y RODRIGUES, R. (2019). Fiscal policy for decarbonisation of energy in Europe, with a focus on urban transport: case study and proposal for Spain,. En M. VILLAR-EZCURRA, J. MILNE, H. ASHABOR, M. SKOU-ANDERSEN (eds.), <i>Environmental fiscal challenges of cities and transport</i>. Cheltenham: Edward Elgar Publishers.</p> <p>SÆLEN, H. y KALLBEKKER, S. (2011). A choice experiment on fuel taxation and earmarking in Norway. <i>Ecological Economics</i>, 70, pp. 2181-2190.</p> <p>SAINZ-GONZÁLEZ, R., NÚÑEZ-SÁNCHEZ, R. y COTO-MILLÁN, P. (2011). The impact of airport fees on fares for the leisure air travel market: The case of Spain. <i>Journal of Air Transport Management</i>, 17, pp. 158-162.</p> <p>SCHREURS, M. A. (2008). From the bottom up: local and subnational climate change politics. <i>Journal of Environmental Development</i>, 17, pp. 343-355.</p> <p>SCHROTEN, A., VAN WIJNGAARDEN, L., BRAMBILLA, M., GATTO, M., MAFFII, S.,</p>	<p>TROSKY, F. et al. (2019). <i>Overview of transport infrastructure expenditures and costs</i>. Luxemburgo: Publications Office of the European Union.</p> <p>SCOTT, K. R. (2012). Rational habits in gasoline demand. <i>Energy Economics</i>, 34, pp. 1713-1723.</p> <p>Seely, A. (2011). Taxation of road fuels: the road fuel escalator. <i>Commons Briefing Papers</i>, SN03015. House of Commons Library.</p> <p>STAVINS, R. N. (2003). Experience with market-based environmental policy instruments. En K. G. MÄLLER y J. R. VINCENT (eds.), <i>Handbook of environmental economics</i>, 1. Amsterdam: North Holland Elsevier.</p> <p>TRANSPORT & ENVIRONMENT (2019). Why ICAO and Corsia cannot deliver on climate. Disponible en: https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/2019_09_Corsia_assesment_final.pdf</p> <p>VAN ESSEN, H., SCHROTEN, A., OTTEN, M., SUTTER, D., SCHREYER, C., ZANDONELLA, R. et al. (2011). <i>External costs of transport in Europe: Update study for 2008</i>. Holanda: CE Delft, Infrasy Faanhofer ISI.</p> <p>VAN ESSEN, H., VAN WIJNGAARDEN, L., SCHROTEN, A., DE BRUYN, S., SUTTER, D., BIELER, C. et al. (2019a). <i>Handbook on the external costs of transport</i>. Version 2019. Luxemburgo: Publications Office of the European Union.</p> <p>— (2019b). <i>State of play of the internalisation in the European transport sector</i>. Luxemburgo: Publications Office of the European Union.</p> <p>ZHANG, L., McMULLEN, B. S., VALLURI, D. y NAKAHARA, K. (2009). Vehicle mileage fee on income and spatial equity. Short- and long-run impacts. <i>Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board</i>, 2115, pp. 110-118.</p>
--	---	---

ANEXO

Metodología empleada en las simulaciones

En el caso del transporte rodado, se utilizan los datos de consumo de gasolina 95 y gasóleo A en España en 2018 (CORES, 2019), con información del Ministerio para la Transición Ecológica (2019b) para repartir el consumo de gasóleo A entre el sector industrial (donde no se aplica el IVA) y los restantes sectores. Queda excluido del análisis el consumo de Canarias, Ceuta y Melilla, donde no se aplica el impuesto sobre hidrocarburos. A partir de los datos de consumo, y empleando información sobre precios e impuestos aplicados sobre los carburantes de IEA (2019), se calcula la recaudación inicial generada por el impuesto sobre hidrocarburos y el IVA.

Para analizar el impacto de las reformas simuladas sobre el consumo se utilizan las elasticidades precio del diésel (-0,201) y la gasolina (-0,253) estimadas para España (Labandeira, Labeaga y López-Otero, 2016). La recaudación final se obtiene a partir de los nuevos precios, consumos e impuestos derivados de la reforma, empleando los factores de emisión del Ministerio para la Transición Ecológica (2019c) para calcular las emisiones de CO₂ asociadas.

El cálculo de la recaudación de la fiscalidad sobre los turismos se realiza sumando los ingresos derivados de gasolinas y gasóleo A del impuesto sobre hidrocarburos (AEAT, 2019b), que para el caso del gasóleo A se hace necesario imputar utilizando el porcentaje que corresponde a turismos a partir de la información del Ministerio para la Transición Ecológica (2019b), la recaudación del impuesto sobre vehículos de tracción mecánica (Ministerio de Hacienda, 2019) multiplicada por el porcentaje de turismos en el total de la flota de vehículos (DGT, 2019b), y la recaudación del impuesto de matriculación (AEAT, 2019a) multiplicada por el porcentaje de turismos en el total de matriculaciones (DGT, 2019a). Para repartir la recaudación entre las distintas administraciones del Estado, en el caso del impuesto sobre hidrocarburos se asume la misma distribución que la de la recaudación total del impuesto (AEAT, 2019c), mientras que la recaudación del IVTM va destinada en su totalidad a las corporaciones locales y la recaudación del impuesto de matriculación a las CC. AA.

Finalmente, para calcular la recaudación máxima esperada del IGAV, se emplean datos de las emisiones de GEI de los coches en 2017 (Ministerio para la Transición Ecológica, 2019a), aplicándoles un tipo impositivo de 50 euros/tCO₂ para abordar los costes de la contaminación atmosférica global. Para las restantes externalidades, se emplean datos del transporte de viajeros en turismos (vehículos-km) (Ministerio de Fomento, 2019), distinguiendo entre transporte urbano e interurbano en el caso de la congestión, sobre los que se aplica el coste medio de cada externalidad (vehículos-km), obtenido de van Essen *et al.* (2019a) (excepto para el coste de las infraestructuras, que se obtiene de Schroten *et al.*, 2019).

En el caso del transporte aéreo, se considera el número de pasajeros de avión que salieron de un aeropuerto español en 2018, distinguiendo entre vuelos domésticos e internacionales (Eurostat, 2019a), determinando la parte de dichos viajes correspondiente a los hogares, así como el precio medio del billete de avión, a partir de la *Encuesta de turismo de residentes* (INE, 2019). El impacto sobre la demanda se obtiene a partir de las elasticidades-precio de los vuelos domésticos (-1,4) e internacionales (-0,93), obtenidas respectivamente de Sainz-González, Núñez-Sánchez y Coto-Millán (2011) e IATA (2008), sobre las que se aplica una corrección de 0,552 para los viajes que no son del sector residencial, siguiendo a la Comisión Europea (2019b).

Para determinar el tipo impositivo, se utiliza información del Ministerio para la Transición Ecológica (2019d) y Eurostat (2019a) para calcular las emisiones medias por pasajero, distinguiendo entre vuelos domésticos/internacionales y ciclo LTO/crucero, sobre las que se aplica el tipo impositivo de 50 euros/tCO₂ o 50 euros/tCO₂-e.

Resumen

En el presente artículo analizaremos la evolución del proceso de incorporación del concepto de *transición justa* en la agenda climática derivada del Convenio Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático y de su significado como un pilar fundamental de los procesos de transición energética y de reconversión ecológica; así como del rol de las instituciones multilaterales y de los interlocutores sociales, principalmente sindicales, en este proceso. También se analizarán el significado y los contenidos de las orientaciones y políticas de transición justa, en particular de las directrices de la OIT en la materia y su aplicación en el proceso de transición energética española. Asimismo, se describirá el proceso dinámico abierto para la transición justa con la iniciativa internacional *Acción Climática para el Empleo*, lanzada por Naciones Unidas en la Conferencia Climática de Nueva York y presentada oficialmente en la COP25.

Palabras clave: transición justa, dimensión social, empleos verdes, transición energética, cambio climático.

Abstract

In this article, we will discuss the evolution of the incorporation of *just transition* into the climate agenda of the United Nations Framework Convention on Climate Change and its meaning as a fundamental pillar of the processes of energy transition and ecological reconversion. We will also explore the role of multilateral institutions and social partners, mainly trade unions, in this process. We will analyse the meaning and contents of the just transition guidelines and policies, in particular the ILO Guidelines and their application in the Spanish energy transition process. Likewise, we will describe the process opened for just transition from the International Climate Action for Jobs Initiative, launched by the United Nations at the New York Climate Conference and officially presented at COP25.

Keywords: just transition, social dimension, green jobs, energy transition, climate change.

JEL classification: J80, Q54.

TRANSICIÓN JUSTA: LA DIMENSIÓN SOCIOLABORAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Joaquín NIETO SÁINZ

Oficina de la OIT para España

Ana Belén SÁNCHEZ

Oficina de la OIT para México y Cuba

Julietta LOBATO

Universidad de Buenos Aires

I. INTRODUCCIÓN

La transición energética es una necesidad imperativa para evitar un cambio climático de consecuencias catastróficas, uno de los principales y más urgentes desafíos de nuestro tiempo. El calentamiento global debido a la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, que está provocando dicho cambio climático, es hoy la amenaza global de carácter ambiental más conocida, pero no la única. La presión de la actividad económica sobre los ecosistemas ha llevado a los sistemas económico y productivo a unos niveles de insostenibilidad ambiental de tal magnitud que, de no corregirse, pueden conducir a la sociedad humana a un colapso socioambiental de muy peligrosas consecuencias. La profunda transformación, en términos ambientales, del uso de los recursos naturales y de las formas de producir, trabajar y consumir es un imperativo ineludible para evitar dicho colapso. Lo que implica la desaparición de sectores enteros de la economía, como los sectores dependientes del uso de los combustibles fósiles y su sustitución por otros sectores y tecnologías ambientalmente sostenibles. Los impactos de

esta transformación en términos tecnológicos, económicos y sociales generarán extraordinarias oportunidades para un desarrollo ambientalmente sostenible y socialmente justo, para el pleno empleo y para el trabajo decente; pero también potenciales efectos adversos indeseables para el empleo y la inclusión social para millones de personas que podrían verse afectadas en el proceso de transición, si este proceso no se gestiona con criterios de justicia social. Si las personas vulnerables a los efectos adversos no encuentran el acompañamiento necesario, en términos de protección social, capacitación profesional y nuevos empleos, los procesos de transición ecológica y energética dejarán a millones de personas excluidas y encontrarán obstáculos sociales insalvables, que retardarán un cambio que se necesita con urgencia o lo harán imposible. La transición justa consiste en actuar en los procesos transicionales facilitando iniciativas de desarrollo y empleo para promover las oportunidades, y acompañando a las personas con protección social, formación y trabajo decente para mitigar los efectos adversos potenciales.

II. LA ADOPCIÓN DEL CONCEPTO DE TRANSICIÓN JUSTA POR PARTE DEL SISTEMA DE NACIONES UNIDAS EN EL MARCO DE LA AGENDA CLIMÁTICA: UN LARGO PROCESO

En lo que a la agenda climática de Naciones Unidas se refiere, es decir la derivada del desarrollo del Convenio Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, la adopción oficial del concepto de transición justa no se produce hasta la Conferencia de las Parts (COP21), en cuyo preámbulo aparece la noción de *just transition*, entendida como: «la reconversión justa de la fuerza laboral y la creación de trabajo decente y empleos de calidad de conformidad con las prioridades de desarrollo definidas a nivel nacional» (1). De tal modo, el Acuerdo reconoce que los países pueden verse afectados no solo por el cambio climático *per se*, sino también «(...) por las repercusiones de las medidas que se adopten para hacerle frente», poniendo el acento en la importancia de proteger a las personas y sus empleos en el proceso de cambio y de que se pongan en marcha medidas concretas para paliar los efectos en determinados sectores y territorios más vulnerables. De este modo, corresponde a cada país articular los procesos de transición justa en el contexto de su propia transición energética.

Fue necesario que pasaran veintitrés años desde que en el año 1992 la comunidad internacional adoptara el Convenio Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, para que el concepto de transición justa fuera incorporado a la agenda climática internacional. Un

proceso largo en el que tanto la maduración de la dimensión social del cambio climático en el ámbito de los organismos multilaterales como la iniciativa sindical, han sido claves.

En el marco multilateral, aunque importantes referencias sobre la dimensión social y laboral en relación con las cuestiones medioambientales aparecen desde 1972 en la Conferencia de Estocolmo sobre Desarrollo Humano, referencias que volverán a aparecer veinte años más tarde en la Cumbre de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo de 1992 y en la Cumbre de Johannesburgo conocida como Río+10, no es hasta 2012 cuando Naciones Unidas adopta por primera vez el concepto de *transición justa* en la resolución aprobada en Río+20 titulada *El futuro que queremos* (2). En esta conferencia internacional reunida en Río de Janeiro en 2012, los jefes de Estado y altos representantes de los países que conforman el sistema de Naciones Unidas, además de renovar su compromiso en favor del desarrollo sostenible (integrando los aspectos económicos, sociales y ambientales, para la promoción de un futuro económico social y ambientalmente sostenible para todo el planeta y para las generaciones presentes y futuras), reconocen «la importancia de una transición justa, que incluya programas para ayudar a los trabajadores a adaptarse a las cambiantes condiciones del mercado laboral» y las oportunidades de creación de empleo y de trabajo decente para todos. Asimismo, se comprometieron a «trabajar para lograr condiciones de trabajo seguras y decentes, y acceso a la protección social y a la educación», y se refirieron a la recomendación núm. 202 de la Organización Internacional del

Trabajo (OIT) sobre los pisos de protección social (3). Este reconocimiento de la transición justa fue el resultado de la intensa actividad sindical que, como parte de la sociedad civil, ha desarrollado una destacada participación en el proceso y en la propia conferencia, coordinada por la Confederación Sindical Internacional y por la Fundación Sustainlabour (véase Foyer, 2015).

En este proceso de maduración de la comprensión en los organismos multilaterales de las relaciones entre medio ambiente y trabajo y de las interacciones entre la agenda climática y la agenda laboral, desempeña un rol especial la Organización Internacional del Trabajo, como agencia especializada de Naciones Unidas en la materia.

Río 92 tuvo su impacto en todas las instituciones, también en la OIT. En 1994, el que fuera uno de los principales artífices de la Cumbre de Río en tanto que secretario general adjunto de Naciones Unidas, Maurice Strong, se dirigía a la OIT con ocasión de su 75 aniversario para solicitarle integrar las nociones medioambientales en su rol en favor de la justicia social y el desarrollo (Strong, 1994). La solicitud caía en terreno abonado, ya que la OIT venía incorporando desde los años setenta, en numerosos convenios y recomendaciones, referencias ambientales; principalmente en relación al medio ambiente laboral en materia de contaminación del aire y del uso de sustancias peligrosas, pero también en la preservación del medio ambiente, al que se le reconoce un valor fundamental en el Convenio 169 del año 1989 sobre los pueblos indígenas (4). Este convenio incluye disposiciones para evaluar los impactos

ambientales de los proyectos que les podrían afectar y cláusulas para proteger y preservar el medio ambiente.

La integración de nociones ambientales no dejaría de progresar y consolidarse, principalmente en materia de empleos verdes y de cambio climático, adoptando de manera temprana un enfoque de transición justa.

En 2007, el Consejo de Administración de la OIT tiene una sesión monográfica sobre cambio climático (5).

En 2008, la OIT elabora y publica conjuntamente con el Programa de Medio Ambiente de Naciones Unidas (PNUMA), la Confederación Sindical Internacional (CSI) y la Organización Internacional de Empleadores (OIE) el informe *Empleos verdes: hacia el trabajo decente en un mundo sostenible y con bajas emisiones de carbono* (6). Este informe representa el primer estudio global sobre los impactos de la economía verde sobre el mundo del trabajo y el primer informe que une dos mundos tradicionalmente separados que eran tomados a menudo como enemigos, bajo la falsa premisa de que las medidas de protección ambiental, necesariamente resultaban en destrucción de puestos de trabajo. Este informe unió al mundo del trabajo (sindicatos, empleadores y la Organización Internacional del Trabajo) con el mundo del medioambiente (a través del PNUMA), para identificar conjuntamente los impactos en el empleo de un modelo de desarrollo más sostenible ambientalmente.

El informe sostiene que la transición justa es imprescindible para descarbonizar la economía

y avanzar hacia sociedades sostenibles e igualitarias. Además, subraya que el cambio más radical y profundo para lograr economías sostenibles está relacionado a la redefinición de la mayor parte de los empleos. Asimismo, el informe destaca que:

El cambio climático propiamente dicho, la adaptación a él y los esfuerzos por detenerlo reduciendo las emisiones tienen repercusiones de gran alcance en el desarrollo económico y social, en las pautas de producción y consumo y, por consiguiente, en el empleo, los ingresos y la reducción de la pobreza.

El informe señala también que el empleo verde (7) no es automáticamente empleo decente. Esto significa que muchos empleos que reducen la presión sobre el medio ambiente no necesariamente presentan las características del trabajo decente, esto es: un trabajo con derechos y sin discriminación, en condiciones seguras y saludables, con una remuneración suficiente para vivir dignamente y con protección social. En esta línea, el Consejo de Administración de la OIT (8) expuso la necesidad de gobernar el proceso de transición energética para aprovechar las oportunidades que presentan los cambios y no sucumbir ante los desafíos. Asimismo, la OIT llamó la atención sobre el carácter secundario que las implicaciones sociolaborales detentaban en la agenda climática, pasando por alto el hecho de que «las ventajas para el empleo y el desarrollo son esenciales para lograr que las medidas de mitigación sean técnicamente factibles, económicamente viables, socialmente aceptables y políticamente sostenibles».

En 2013 la Conferencia Internacional del Trabajo adoptó la resolución sobre *El desarrollo sostenible, el trabajo decente y los empleos verdes* (9). En 2015, en el proceso de aplicación de la mencionada resolución, la OIT elaboró y adoptó de manera conjunta y tripartita –es decir, con la participación formal y de pleno derecho de los gobiernos, las organizaciones sindicales y las organizaciones empresariales de todo el mundo–, las *Directrices de política para una transición justa hacia economías y sociedades ambientalmente sostenibles para todos* (10). Estas directrices constituyen la hoja de ruta mundial para implementar la transición justa.

La transición energética y medioambiental ha tenido una gran importancia en los debates promovidos por la OIT sobre el futuro del trabajo con ocasión de su centenario (11). En primer lugar, identificando esta transición como una de las megatendencias a considerar porque, junto a otras como la revolución tecnológica, la evolución demográfica o la incorporación de la dimensión de género en toda agenda social, está reconfigurando el mundo del trabajo. Además, la Declaración del centenario –adoptada de forma tripartita–, asume el compromiso de orientar sus esfuerzos para asegurar «una transición justa a un futuro del trabajo que contribuya al desarrollo sostenible en sus dimensiones económica, social y ambiental» (OIT, 2019a). Esta actuación debe llevarse a cabo a través de políticas que sitúen en el centro a las personas, sus necesidades y derechos, dado que el impacto del cambio climático afecta en mayor medida a los países de bajos ingresos y a las poblaciones más vulne-

rables; en particular, a aquellas personas que desarrollan su trabajo en la llamada economía informal, que se traduce en falta de acceso a servicios de salud, desempleo, pensión o protección de accidentes. Los jóvenes, las mujeres, la población rural y las personas migrantes son los colectivos más afectados.

III. LA APORTACIÓN DEL MOVIMIENTO SINDICAL

Una de las primeras menciones públicas al concepto de transición justa fue realizada en 1993 por el sindicalista norteamericano Tony Mazzocchi para demandar que se otorguen oportunidades y asistencia financiera para trabajadores desplazados de sus puestos de trabajo por la aplicación de políticas de protección ambiental. Simultáneamente, los sindicatos canadienses utilizaban el concepto en la lucha contra la industria del asbesto para «compatibilizar los esfuerzos con el fin de garantizar trabajo decente para las personas y la protección del medio ambiente» (Kohler, 1998).

En lo que se refiere a la agenda climática, el concepto se usa como forma de superar los potenciales efectos adversos que las medidas de mitigación de los gases de efecto invernadero (como el abandono del carbón y otras) podrían tener sobre el empleo. Hay que considerar que ni la Convención Marco ni su primer instrumento operativo –el Protocolo de Kioto–, contemplaron en su momento esta dimensión. La Convención contempla con acierto el principio de «responsabilidades comunes pero diferenciadas» y considera las «capacidades respectivas y sus condiciones sociales y económi-

cas» para hacer frente al cambio climático y adoptar medidas de mitigación. Pero siempre referido a las Partes de la Convención (es decir, a los países), pero no a sectores ni a políticas sectoriales. Como consecuencia, no se crearon cauces para incorporar la cuestión del empleo en las negociaciones climáticas. La búsqueda de esos cauces, incorporando la transición justa en los instrumentos de desarrollo de la Convención, se convirtió en una prioridad sindical en su participación como parte observadora de la sociedad civil en las negociaciones. Pero el camino hasta adoptar esta estrategia no fue nada fácil.

En la COP3 de 1997 en la que se adoptó el Protocolo de Kioto, los representantes de los trabajadores en la conferencia manifestaron posiciones contrapuestas: por una parte los sindicalistas norteamericanos, con una importante presencia de representantes de la minería, se oponían a adoptar objetivos de mitigación; por otra, el representante de la Confederación Europea de Sindicatos y dirigente de Comisiones Obreras, Joaquín Nieto, apoyaba la adopción del Protocolo y, con un enfoque de transición justa, proponía desarrollar plenamente las medidas en favor de las energías renovables y otras contempladas en el artículo 2 del Protocolo de Kioto. Se proponía superar así, con la creación de nuevos empleos, los efectos adversos sobre el empleo de las medidas de cierre de minas y centrales térmicas de carbón necesarias para alcanzar los objetivos de mitigación asumidos en el Protocolo para los países industrializados (12). Todo ello requería desarrollar en cada país procesos de diálogo social con los interlocutores

sociales, para anticiparse a los efectos positivos o negativos de las medidas de mitigación.

En el contexto español, uno de los pasos prácticos más importantes en esa dirección se produjo en el año 2005. Siendo Cristina Narbona ministra de Medio Ambiente, a iniciativa sindical se logró un acuerdo que institucionalizó y articuló un diálogo social específico vinculado al establecimiento en España de los mecanismos europeos de comercio de emisiones, con el objetivo de alcanzar los compromisos adquiridos en el Protocolo de Kioto. Gracias a este acuerdo, el decreto que desarrolló tales mecanismos institucionalizó un sistema de diálogo a través de una mesa general y varias mesas sectoriales, con la participación de los ministerios de Medio Ambiente, de Trabajo y de Industria y representantes de las organizaciones empresariales españolas, CEOE y CEPYME y sus respectivas organizaciones empresariales sectoriales, así como representantes de CC. OO. y UGT y sus respectivas federaciones (13). El objetivo de estas mesas era el de analizar conjuntamente los efectos sobre el empleo de las medidas de mitigación y actuar de manera preventiva sobre los posibles efectos adversos y de manera proactiva sobre las oportunidades creadas.

En el plano internacional, la agenda sindical avanzó considerablemente al comienzo del siglo XXI con el incremento de la participación coordinada de un número cada vez mayor de centrales nacionales en las sucesivas COP climáticas coordinados por la CIOSL (antecedente de la actual Confederación Sindical Internacional), y con la constitución, en 2005, de la

Fundación Laboral Internacional para el Desarrollo Sostenible (Sustainlabour), promovida por dicha confederación como instrumento de apoyo a las organizaciones sindicales en materia climática y medioambiental. En ese contexto, fue ganando terreno la propuesta sindical de que la única forma de asegurar que avance la agenda climática y de que el proceso de transición ecológica sea exitoso es que sea un proceso laboralmente justo. Así, por ejemplo, en la COP13 celebrada en Bali en 2007, en la que uno de los objetivos principales era preparar los acuerdos a adoptar en la COP de Copenhague para crear un nuevo instrumento más allá del Protocolo de Kioto, la delegación sindical formada por más de 80 representantes de 22 países presentó una propuesta para posicionar la cuestión del empleo en el marco de las negociaciones, en los siguientes términos:

Deberán estudiarse y anticiparse las transiciones del empleo para garantizar la justicia social. Será preciso elaborar medidas de acompañamiento (incluida la promoción de puestos de trabajo decentes y ecológicos y los sistemas de protección social) conjuntamente con las medidas de reducción y adaptación. Los sindicatos proponen situar el empleo, los ingresos y las medidas favorables a los pobres en el centro de las discusiones. Las repercusiones sobre el empleo deberán incorporarse como una variable en todos los escenarios (14).

Al mismo tiempo, se comenzaron a forjar alianzas con diversos gobiernos europeos y de otras partes del mundo, muy especialmente con la representación de Argentina, que realizaron propuestas en tanto que parte en

las negociaciones climáticas para incorporar oficialmente la transición justa en el texto de los nuevos instrumentos a adoptar en el marco de la Convención. Así, se llega al Acuerdo de París, en la COP21 de 2015, en el que por fin se incorpora dicho concepto.

IV. LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA ECONOMÍA Y EL EMPLEO

La percepción de los impactos del cambio climático en la economía y el empleo se ha ido incrementando a lo largo del tiempo, cambio al que han contribuido los diferentes estudios sobre la materia, de origen académico, institucional o sindical, que han permitido comprender la dimensión económica y social de la agenda climática e incorporarlas a las decisiones.

La publicación en 2006 del Informe Stern sobre la *Economía del cambio climático* (Stern, 2016) representó un antes y un después para el devenir de las dimensiones económica y social de la agenda climática y estableció las condiciones para un espacio de consenso para la intervención del movimiento sindical en favor de la transición justa. En este informe se advertía de las profundas consecuencias económicas y sociales negativas de no actuar rápidamente para frenar el cambio climático, que podrían tener un coste de pérdidas de hasta el 20 por 100 del PIB anual de forma indefinida, mientras que invertir para evitarlo tendría tan solo un coste del 1 por 100 y consecuencias económicas positivas.

En la misma línea se pronunciaba poco después el Cuarto Informe de Evaluación (AR4) del

Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) concluyendo que «los costes y beneficios del cambio climático en la industria, los asentamientos humanos y la sociedad variarán ampliamente según la localización y la escala. Sin embargo, en general, los efectos globales tenderán a ser más negativos cuanto mayor sea el cambio en el clima» (IPCC, 2014a).

En este contexto, el movimiento sindical europeo también hizo su aportación a través de un informe elaborado conjuntamente por el Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud de CC. OO. (ISTAS-España), Sindex (Francia) y el Instituto Wuppertal (Alemania) titulado *Cambio climático y empleo. El impacto en el empleo del cambio climático y las medidas para la reducción de CO₂ en la UE-25 hasta 2030*. Mediante la utilización de diversas metodologías de medición, este informe presentó un balance de los impactos del cambio climático en las diferentes regiones europeas, a partir de la proyección de un escenario de cambio moderado. La Confederación Europea de Sindicatos hizo suyas las conclusiones sobre dichos impactos en los empleos (ETUC, 2006).

En forma coetánea, Sustainlabour publicó su *Guía sobre cambio climático*, en la que llamó la atención sobre los diferentes efectos de la transición medioambiental sobre el empleo en diversos sectores productivos, tales como: agricultura, silvicultura y ecosistemas, salud y asentamientos humanos y sociedad.

Asimismo, el ya mencionado informe sobre *Empleos verdes: hacia el trabajo decente en un mundo sostenible y con bajas emisiones de carbono*, elaborado

y publicado por dos organismos del sistema de Naciones Unidas, la OIT y el PNUMA, especializados respectivamente en las materias de trabajo y de medio ambiente, conjuntamente con las organizaciones internacionales, CSI y OIE, que representan respectivamente a los trabajadores y a los empleadores, supuso un avance extraordinario en la comprensión de las interacciones entre cambio climático, economía y empleo y en la necesidad de incorporar esta materia a la agenda climática.

Los estudios e informes al respecto de los impactos de la agenda climática y de transición energética en los mercados laborales se han multiplicado desde entonces, aumentando el conocimiento sobre las repercusiones que tendrán las medidas para hacer frente al cambio climático, así como la ausencia de medidas y de conocimiento que permita adoptar decisiones sobre políticas de una forma cada vez más informada.

Diversos estudios de la OIT nos informan de que cada año la mayor frecuencia e intensidad de los desastres naturales relacionados con la actividad humana disminuyen la productividad de los ecosistemas, de los que dependen 1.200 millones de puestos de trabajo; el 40 por 100 del empleo mundial. Tal es así que entre 2000 y 2015 los desastres naturales ocasionados o agravados por la humanidad provocaron anualmente la pérdida mundial de 23 millones de años de vida útil, lo que equivale al 0,8 por 100 del trabajo de un año. A su vez, los efectos de lo que se conoce como «estrés térmico» ocasionan la pérdida anual de horas de trabajo equivalentes a unos 80 millones de empleos (2019b).

La OIT también ha estudiado qué efectos tendrán sobre el empleo la aplicación de los compromisos de mitigación adquiridos por los distintos países derivados de los acuerdos de París. El estudio estima que para 2030 se perderán seis millones de puestos de trabajo, pero, como contrapartida, se crearán 24 millones. Esto implica una creación de cuatro nuevos empleos por cada puesto laboral perdido. Incluso, la creación de empleo será mayor si los países promueven una economía circular (OIT, 2018).

Pero la situación es mucho más compleja ya que, aunque los puestos de trabajo que se crearán son cuatro veces más que los que se perderán, los que se crearán no lo harán exactamente en el mismo lugar ni al mismo tiempo que aquellos que se destruyen. El informe OIT muestra que de 163 sectores económicos analizados la mayoría se beneficiarán de la creación neta de empleos. Entre ellos, destacan el sector eléctrico en el que se estima que las energías renovables crearán 2,5 millones de empleos para 2030, lo que relativiza los 400.000 empleos que se perderán en la generación eléctrica con base en combustibles fósiles. Además, solo 14 sectores perderán más de 10.000 puestos de trabajo y solo dos sectores (extracción y refinamiento del petróleo), tendrán pérdidas de un millón o más empleos. En términos regionales, la creación neta de puestos de trabajo se calcula en tres millones para las Américas, catorce millones para Asia y el Pacífico y dos millones para Europa. La región que se verá más afectada es Oriente Medio, donde la pérdida neta de empleos será del 0,5 por 100 debido al peso del petróleo en la región.

Además, la economía circular es un sector prometedor, en tanto se estima que creará seis millones de empleos adicionales en los próximos años.

Por otro lado, la degradación ambiental afecta especialmente a los grupos más vulnerables de la sociedad, tales como las mujeres, las personas pobres, los trabajadores migrantes y los pueblos indígenas. En el caso de las mujeres, que representan el 48 por 100 de la participación en el mercado laboral global, ocupan solo un 32 por 100 del total de los empleos en el creciente sector de las energías renovables. De ellas, casi el 50 por 100 se desempeña en trabajos administrativos, mientras que solo el 28 por 100 lo hace en puestos de decisión y que requieren formación en ciencias. Va de suyo que además estos empleos poseen mejores pagas y condiciones laborales más robustas. Esta brecha se constata también en el sector de la construcción sostenible, en la industria del reciclaje, en la agricultura orgánica y en la industria de vehículos eléctricos (Sánchez, 2019). Esta situación se ve agravada por las mayores dificultades que tienen las mujeres para adaptarse al cambio climático, en términos de acceso a recursos financieros, recursos agrícolas, acceso a la tierra, tecnología y capacitación (Baruah, 2016; IPCC, 2014b; OIT, 2009 y 2017; Von Hagen y Willems, 2012).

Por todo ello, es necesario conducir los procesos de transición energética y reconversión ecológica sobre la base del trabajo decente y la justicia social. Así, resulta imprescindible marcar la hoja de ruta que deberá seguir este proceso en forma justa, lo que implica avanzar hacia una

economía ambientalmente sostenible a través de la gestión correcta y eficiente de la transición, para contribuir al logro del trabajo decente para todos/as, la inclusión social y la erradicación de la pobreza.

Sin lugar a dudas, la agenda climática tiene ya un largo recorrido de reconocimiento en la agenda internacional de desarrollo. Dicho protagonismo se ha visto potenciado por la adopción de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en el marco de la Agenda 2030 de la ONU. El cambio climático está contemplado expresamente en el ODS 13 denominado *Acción por el clima*, cuyas metas proponen la incorporación de medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales y la mejora de la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático. Pero también muchos de los demás objetivos y metas están relacionados con la agenda climática, no solo los directamente vinculados con objetivos ambientales, como el agua, la energía, los bosques, y los océanos, sino también otros como los relacionados con la pobreza, la salud, la igualdad de género, la industria, el consumo, las ciudades, la economía o el empleo. Los diecisiete Objetivos de Desarrollo Sostenible constituyen una agenda de transformación social para un desarrollo humano ambientalmente sostenible, y las 169 metas que contienen constituyen una estrategia de transición específica para cada una de las materias en la que todos sus objetivos y metas están interrelacionados.

Específicamente en lo que se refiere a los aspectos más rela-

cionados con la transición justa, el ODS 8 *Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos* establece que, para lograr el desarrollo económico sostenible, las sociedades están llamadas a crear las condiciones necesarias para que las personas accedan al trabajo decente con empleos de calidad, estimulando la economía sin dañar el medio ambiente. Complementa este principio, el ODS 1 *Fin de la pobreza*, al determinar categóricamente que el crecimiento económico debe ser inclusivo, con el fin de crear empleos sostenibles y de promover la igualdad, y sobre todo al llamar a la extensión de niveles básicos de protección social para todos los países del mundo.

V. DE PARÍS A MADRID PASANDO POR NUEVA YORK: LA TRANSICIÓN JUSTA COMO INSPIRADORA DE LA INICIATIVA INTERNACIONAL ACCIÓN CLIMÁTICA PARA EL EMPLEO

Desde el momento en que el Acuerdo de París en 2015 incorpora la noción de *just transition*, entendiéndola por ella: «la reconversión justa de la fuerza laboral y la creación de trabajo decente y empleos de calidad de conformidad con las prioridades de desarrollo definidas a nivel nacional» (15), se produce un salto enorme en la adopción por parte de numerosos países, hasta llegar a la Conferencia del Clima de Nueva York de septiembre de 2019.

La incorporación de la transición justa en el Acuerdo de

París fue celebrada desde la OIT, cuyo director general, Guy Ryder, destacó que es la primera vez que se advierte sobre la necesidad de respetar los derechos de todas las personas, incluidas las trabajadoras, en los procesos de transición climática, de modo de garantizar trabajo decente para todas y todos. Al respecto, el director general subrayó que:

No servirá cualquier tipo de política climática. No servirán, en particular, aquellos planteamientos que no respeten los derechos de los trabajadores, que no ofrezcan oportunidades de creación de empresas sostenibles y trabajo productivo y con salarios suficientes, que no ofrezcan seguridad en el lugar de trabajo y protección social para las familias, y aseguren la libertad para que la gente exprese sus opiniones, se organice y participe en la toma de decisiones climáticas que puedan afectarles de una forma u otra. Y, sobre todo, no servirán planteamientos que no aseguren la igualdad de oportunidad y trato para todas las mujeres y hombres» (Ryder, 2015).

El primer gran avance en la materia tras la COP21 de París, tiene lugar en la COP24 de Katowice en 2018 en la que numerosos países suscribieron la Declaración de Silesia sobre Solidaridad y Transición Justa (16).

Posteriormente, la Conferencia del Clima de Nueva York de septiembre de 2019 fue convocada de manera especial por el secretario general de Naciones Unidas, António Guterres, para elevar los compromisos de mitigación de los países, que por ahora son insuficientes para evitar un calentamiento global superior a 1,5 °C, lo que sería catastrófico. En esta conferencia, el secretario general lanzó la Iniciativa internacional Acción

Climática por el Empleo, mandando a la OIT a desarrollar dicha Iniciativa en coordinación con los interlocutores sociales con el objetivo de estimular a los países a que adopten planes nacionales de transición justa en marco de sus políticas climáticas.

En este sentido, la transición justa, lejos de proponer una moderación o ralentización de los esfuerzos hacia la acción climática, impulsa su avance a toda velocidad sosteniendo que los procesos de transición ecológica deben ir acompañados de políticas sociolaborales integrales que apoyen a las trabajadoras y los trabajadores afectados y que aseguren la creación de nuevos empleos (empleos verdes), en otros sectores alternativos más sostenibles. Desde esta perspectiva, los procesos de transición justa requieren acuerdos concretos que permitan el cogobierno entre las partes más concernidas; esto es, entre los representantes de los trabajadores, las empresas y los gobiernos. Los espacios tripartitos son el foro más idóneo para abordar dichos procesos.

La transición justa implica un proceso superlativo de transformación económica en base a las demandas medioambientales, bajo un enfoque centrado en las personas. Es importante tener en cuenta que el cambio climático es uno de los grandes desafíos de la actualidad, pero también influyen en los mercados laborales otros fenómenos como la digitalización y el incremento de las desigualdades sociales. Por ello, la transición justa es el enfoque necesario para responder a todas estas macro tendencias que interpelan profundamente nuestras formas de trabajar y de organizar la producción.

La transición justa significa protección social, lucha contra la pobreza, creación de empleos asegurando alternativas laborales para los que pueden ver su puesto de trabajo en riesgo por el proceso de transición ecológica, formación continua y lucha contra todas las formas de discriminación y desigualdad social. Concretamente, la OIT posee tres herramientas fundamentales para ordenar esta transición: el análisis del mercado de trabajo, la protección social y el diálogo social.

De esta forma, la transición justa no puede ser un mero agregado a las políticas climáticas; tiene que ser una parte integral de un marco de políticas para el desarrollo sostenible. Desde un punto de vista funcional, la transición justa posee dos dimensiones fundamentales: en términos de resultados (en relación a los nuevos empleos y a la arquitectura social en una economía descarbonizada) y en términos de proceso (esto es, el camino para llegar allí). En el primer sentido, el mandato es claro: trabajo decente para todas las personas en una sociedad inclusiva que logre erradicar la pobreza. En el segundo sentido, el proceso se debe basar en una gestión y gobernanza de la transición con diálogo social en todos los niveles, de modo de garantizar que las consecuencias de los cambios serán soportadas por todos de manera equitativa y nadie será dejado atrás.

Así, el círculo virtuoso de las políticas de transición justa implica, en primer lugar, efectuar un *diagnóstico* preciso que permita analizar las repercusiones sobre el mercado laboral. Para ello es indispensable la consulta con los diversos sectores económicos, la producción y recopilación

de evidencia empírica sobre el impacto del cambio climático en cada sector; de modo de desarrollar el diálogo social con los diferentes interlocutores sociales. Sobre esta base, se debe avanzar en la *planificación* de las diversas políticas, generando canales efectivos de participación de las personas afectadas. Se debe tener en cuenta a las poblaciones especialmente vulnerables. Por ejemplo, en muchos países la transición justa tiene consecuencias importantes para las poblaciones indígenas. Es necesario involucrar a estos actores que pueden ser conductores del cambio hacia la justicia social y ambiental. Asimismo, se deberán elaborar políticas focales que atiendan a territorios o sectores productivos especialmente vulnerables ante las mutaciones necesarias para la transición energética y reconversión ecológica. Seguidamente, se deberán *implementar* las políticas elaboradas, identificando diferentes niveles y grados de desarrollo. Finalmente, el *seguimiento y evaluación* de dichas políticas (a través de evaluaciones de riesgo e indicadores), dará lugar a un nuevo diagnóstico que permita potenciar las políticas adoptadas en un primer estadio.

Más concretamente, el objetivo fundamental de las ya mencionadas *Directrices de la OIT sobre transición justa* es establecer pautas para la elaboración e implementación de políticas de transición justa en los procesos de transición hacia economías ambientalmente sostenibles, respetando los cuatro pilares del Programa de Trabajo Decente de la OIT: diálogo social, protección social, derechos en el trabajo y empleo. Para ello, las directrices desarrollan nueve áreas de políticas:

- Políticas macroeconómicas y de crecimiento.
- Políticas industriales y sectoriales.
- Políticas relativas a las empresas.
- Desarrollo de competencias.
- Seguridad y salud en el trabajo.
- Protección social.
- Políticas activas del mercado de trabajo.
- Derechos.
- Diálogo social y tripartismo.

El mensaje principal de las directrices es que el desarrollo sostenible solo es posible con el compromiso activo del mundo del trabajo. Ni los empleadores ni los trabajadores son observadores pasivos de este proceso, sino que deben constituirse en los agentes de cambio que conduzcan a nuevos caminos hacia la sostenibilidad.

Las tres dimensiones del desarrollo sostenible –económico, social y medio ambiental–, están interrelacionadas intrínsecamente y necesitan ser atendidas a través de marcos políticos comprensivos y coherentes. En este sentido, las directrices proveen de una caja de herramientas eficiente para que gobiernos y agentes sociales gestionen este proceso.

Por todo ello, estas directrices constituyen una vigorosa herramienta para poder gobernar los procesos de transición hacia sociedades ambientalmente sostenibles e inclusivas.

En lo que a España refiere, el año 2018 fue un momento de inflexión en materia de compromisos con el cambio climático. Se creó el Ministerio para la Transición Ecológica, con la designación como ministra de Teresa Ribera, una personalidad muy reconocida internacionalmente por sus conocimientos en materia de agenda climática y una de las artífices del Acuerdo de París, con un fuerte compromiso social, quien a su vez se rodea de un equipo competente con personas de gran conocimiento y experiencia en materia de dimensión sociolaboral del cambio climático y de transición justa (17).

En ese contexto, la OIT y el Gobierno de España establecieron una alianza que ha tenido fructíferos resultados. A través de senda comunicaciones mantenidas entre la ministra Ribera y el director general de la OIT, Guy Ryder, ambas entidades se constituyeron en *socios estratégicos* para la aplicación de las directrices de la OIT en el proceso de transición energética en España y para liderar los esfuerzos y las negociaciones internacionales en favor del trabajo decente y de la transición justa, en el camino hacia economías y sociedades ambientalmente sostenibles. Esta alianza puede hoy presentar importantes, positivos y visibles resultados en ambos ámbitos de actuación.

En febrero de 2019 el Gobierno español presentó el Marco Estratégico de Energía y Clima, compuesto por tres instrumentos principales: un anteproyecto de Ley de Cambio Climático, el borrador del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) y la Estrategia de Transición Justa. Estos instrumentos

configuran un sólido marco normativo para la descarbonización de la economía española, con una hoja de ruta concreta –representada por el PNIEC–, sobre las acciones a desarrollar en el período 2021–2030 de cara a lograr la neutralidad de emisiones en 2050 (18).

El PNIEC se enmarca dentro de los compromisos adoptados por los países europeos en lo que se conoce como «paquete de invierno» (19). Este plan contiene un desarrollo analítico y prospectivo de gran escala en los que se identifican no solo los impactos en términos ambientales, económicos, distributivos y de empleo, sino también las políticas y medidas necesarias para alcanzar los objetivos planteados. En paralelo, acompaña al PNIEC la Estrategia de Transición Justa que pretende dar respuestas a los impactos sociolaborales que los procesos de transición generen. Dicha Estrategia, que hace propias las directrices de la OIT, establece mecanismos para fomentar la creación de trabajo decente junto a la cohesión social, atendiendo tanto a grupos vulnerables como a sectores económicos y territorios que se van a ver afectados en mayor medida por los impactos de la transición energética. Una Estrategia como la propuesta resulta central en el contexto español, debido a la alta tasa de desempleo –que duplica la media europea–, a los déficits de calidad en el empleo, y a la situación de desigualdad social y pobreza laboral, agravadas en la crisis, que no puede ser desatendido en las políticas de transición energética. La estimación del PNIEC indica que para 2030 la tasa de empleo se incrementará en un 1,6 por 100 en virtud de la puesta en marcha de las políticas de transición justa.

Además, la Estrategia advierte que la transición energética no solamente afecta a poblaciones especialmente vulnerables, sino también a territorios y sectores que se han desarrollado al calor de los combustibles fósiles. Por ello, la Estrategia contempla un Plan de Acción Urgente para Comarcas de Carbón y Centrales en Cierre, para gobernar el proceso de transición energética y atender a los impactos sociales de dichas políticas. Es de destacar que el proceso no ha consistido solo en un proceso declarativo o documental, sino en un conjunto de negociaciones y acuerdos con los gobiernos locales, las empresas y los interlocutores sociales afectados, sindicales y empresariales, así como de acciones dirigidas a cerrar las minas y las centrales térmicas con un calendario determinado, a la vez que se promueven medidas efectivas de protección social; así como nuevas inversiones y actividades económicas generadoras de empleo, involucrando a las empresas energéticas en el proceso.

Estas políticas fueron acompañadas por la OIT a través de un estudio cualitativo elaborado por la Oficina de la OIT para España y la Fundación CONAMA, sobre las oportunidades para España de la aplicación de las *Directrices de la OIT sobre transición justa* (OIT y CONAMA, 2018), en el que se recogen las percepciones de una veintena de instituciones y actores involucrados en el proceso de transición y se elaboran recomendaciones, que fueron trasladadas al Ministerio de Trabajo, Migraciones y Seguridad Social, al Ministerio para la Transición Ecológica y a los interlocutores sociales.

En la esfera internacional, con el apoyo de la OIT y de Naciones

Unidas, España, junto a Perú, ha venido liderando lo que se conoce como *la dimensión social del cambio climático* –que incluye empleo, salud y género–, en el marco de las negociaciones internacionales promovidas por el secretario general de Naciones Unidas para dar un mayor impulso a la agenda climática y lograr avances en los compromisos de mitigación de los países. Esta alianza se vincula con la convocatoria de la conferencia climática de carácter especial que tuvo lugar en Nueva York en septiembre de 2019, unos meses antes de la COP25 celebrada en Madrid el pasado mes de diciembre. En la cumbre de Nueva York el secretario general de la ONU, António Guterres, hizo suyas las propuestas e iniciativas relacionadas con la dimensión social del cambio climático, en particular las referidas a los empleos verdes y a la transición justa, y lanzó la iniciativa internacional *Climate Action for Jobs Initiative* o *Acción Climática para el Empleo* (20), encargando a la OIT el mandato de coordinarla en colaboración con los interlocutores sociales y con los Gobiernos de España y Perú, que siguen llevando el liderazgo internacional sobre la dimensión social del cambio climático. La iniciativa tiene como objetivo principal ubicar a las personas en el centro de la acción por el clima. Ello implica garantizar que la acción climática sea acompañada de la creación de trabajo decente y empleos verdes, con medidas de protección social específicas para grupos vulnerables, incentivos económicos para apoyar al sector privado en la reconversión de sus energías, y tecnologías y mecanismos de diálogo social para encauzar los amplios acuerdos que deberán ser logrados en el camino; y solicita a los países que se adhieran

a la iniciativa el compromiso de adoptar planes nacionales de transición justa en el marco de sus políticas climáticas.

La iniciativa Acción Climática para el Empleo, que cuenta ya con la adhesión de más de 45 países, se presentó oficialmente en la COP25 en Madrid en un evento que contó con la presencia de António Guterres, secretario general de Naciones Unidas, Guy Ryder, director general de la OIT, las ministras españolas Teresa Ribera y Magdalena Valerio y otros mandatarios, así como de los secretarios generales de la Confederación Sindical Internacional, Sharan Barrow y de la Organización Internacional de Empleadores, Roberto Suárez, que llegaron a Madrid para reafirmar su compromiso con esta agenda (21).

La transición justa también ha estado presente, de manera transversal, en los resultados de la COP25. En primer lugar, el documento final de la conferencia reafirma el mandato del Acuerdo de París de tener en cuenta los imperativos de una reconversión o transición justa de la fuerza laboral y la creación de trabajo decente y de empleos de calidad (22). Además, la transición justa se incorporó a diferentes decisiones. Por ejemplo, en el plan de trabajo de medidas de respuestas para hacer frente al cambio climático, la transición justa se incluye en las siguientes actividades: en la identificación de estrategias nacionales y buenas prácticas para la implementación de políticas de bajas emisiones; en la promoción de las capacidades de las Partes para analizar los impactos de la implementación de políticas de respuestas; en la utilización de guías y marcos de actuación para

asistir a las partes; en el intercambio de experiencias regionales, nacionales y sectoriales.

En materia de género, la transición justa fue incorporada en los principios del nuevo Plan de Acción de Género (*GAP*, por sus siglas en inglés), bajo el Programa de Trabajo de Lima sobre el Género. La reformulación del *GAP* fue uno de los grandes avances de la COP25 debido al impacto desproporcionado que tiene la emergencia climática sobre las mujeres. Incorporar la transición justa en este plan implica reconocer las brechas laborales existentes en los mercados de trabajo que deben ser combatidas a través de políticas focales, a riesgo de reproducir en los nuevos diseños económicos sustentables las mismas desigualdades de género que se constatan en la actualidad. Incluso, el *GAP* reconoce que:

(...) las medidas de implementación de políticas climáticas con perspectiva de género pueden impulsar a las Partes a elevar su ambición climática, al tiempo de promover la igualdad de género, la transición justa de la fuerza laboral y la creación de trabajo decente y de calidad en consonancia con las prioridades definidas a nivel nacional.

VI. CONCLUSIONES

Este artículo, focalizado en la necesidad de atender la dimensión del empleo en las políticas climáticas a través de una transición justa, ha mostrado el largo recorrido del concepto hasta su adopción en la agenda oficial en el marco del Convenio Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, así como el rol de los agentes políticos, ins-

titucionales y sindicales que han contribuido a esta incorporación. Actualmente, la transición justa es apoyada por una gran variedad de sectores, incluyendo al sector empresarial (23).

También se ha descrito el contenido conceptual de la noción de transición justa y los instrumentos para alcanzarla, notablemente las Directrices de la OIT en la materia, así como la Estrategia Española de Transición Justa, actualmente operativa.

Para facilitar los procesos de transición ecológica y energética con un alcance y velocidad suficientes para evitar un cambio climático catastrófico, son imprescindibles decisiones y acuerdos políticos, pero no solo; para superar los obstáculos sociales al cambio es necesario un amplio acuerdo social a través de un marco de diálogo social y participación ciudadana que incluya la dimensión social y garantice una transición justa. Solo así, la transición energética y ecológica, será posible y el cambio necesario será efectivo. Aquellas economías que estén mejor situadas en esta transición tendrán mejores oportunidades; aquellas que más se demoren arrastrarán más dificultades y mayores impactos sociales negativos.

La reorientación económica de la Unión Europea, que ha decidido lanzar un *green new deal* en el marco de una mayor ambición política para hacer frente al cambio climático, con objetivos del 55 por 100 de reducción para 2030 y cero emisiones para 2050, y con unas inversiones que podría alcanzar los 480.000 millones de euros en el próximo decenio, de los cuales 100.000 podrían ir orientados a financiar la transición

justa, es una noticia esperanzadora.

El tiempo es hoy y el objetivo es claro: lograr la transformación energética y la reconversión ecológica de nuestras sociedades creando trabajo decente y garantizando una transición justa.

NOTAS

- (1) Preámbulo del Acuerdo de París.
- (2) Disponible en: https://rio20.un.org/sites/rio20.un.org/files/a-conf.216-l-1_spanish.pdf.pdf
- (3) Disponible en: <https://bit.ly/2ucormt>
- (4) Convenio OIT sobre pueblos indígenas y tribales, 1989 (núm. 169). Disponible en: <https://bit.ly/30w89Bd>
- (5) Actas de la 300.ª reunión del Consejo de Administración de la Oficina Internacional del Trabajo. Disponible en: <https://bit.ly/38eNgx2>. Informe presentado a la reunión por el Grupo de Trabajo sobre la Dimensión Social de la Mundialización. Disponible en: <https://bit.ly/35ZAqRB>
- (6) Disponible en: <http://istas.net/descargas/Empleos%20Verdes-PNUMA-OIT-CSI-OIE.pdf>
- (7) El informe establece que empleos verdes son: «(...) los que reducen el impacto ambiental de las empresas y los sectores económicos, hasta alcanzar en definitiva niveles sostenibles. En el informe se entiende por empleos verdes el trabajo en la agricultura, la industria, los servicios y la administración que contribuye a conservar o restablecer la calidad ambiental» (p. 5).
- (8) OIT (2008). «Repercusiones del cambio climático en el empleo y el mercado de trabajo». Consejo de Administración, 303.ª reunión, cuarto punto del orden del día. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo.
- (9) Disponible en: <https://bit.ly/30x41kd>
- (10) Disponible en: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/---emp_ent/documents/publication/wcms_432865.pdf
- (11) Disponible en: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_norm/---relconf/documents/meetingdocument/wcms_554699.pdf
- (12) Nota de JOAQUÍN NIETO: La posición de los sindicatos norteamericanos contraria al Protocolo de Kioto continuó durante años. En unas conversaciones entre sindicatos europeos y norteamericanos en las que participé, con el ánimo de convencerlos de que se podrían superar los impactos adversarios

sobre el empleo a través de mecanismos de transición justa, los sindicalistas norteamericanos expresaron que para ellos el Protocolo de Kioto era su muerte y la transición justa no pasaba de ser un «bonito entierro». Pero esta posición comenzó a matizarse luego de las inundaciones que sufrió Nueva Orleans azotada por el huracán Katrina en agosto de 2005. En 2007 me invitaron a una importante conferencia sindical celebrada en Nueva York, en la que participaron unos trescientos dirigentes sindicales, para que les hablara del Protocolo de Kioto. El contenido del discurso puede consultarse en NIETO (2009).

(13) Acuerdo alcanzado en el marco del diálogo social por el que se institucionaliza y articula el diálogo social vinculado al cumplimiento del Protocolo de Kioto. <http://istas.net/descargas/acuerdoKioto0305.pdf>

(14) Extractos de la Declaración Sindical en la COP13, diciembre 2007.

(15) Preámbulo del Acuerdo de París.

(16) Disponible en: <https://bit.ly/2uYLW33>

(17) La persona a cargo de la agenda de transición justa en el gabinete de la ministra para la Transición Ecológica es LAURA MARTÍN MURILLO, quien fue cofundadora y directora de la Fundación Sustainlabour, desde la que organizó la Primera Asamblea Sindical Mundial sobre Trabajo y Medio Ambiente celebrada en Nairobi en 2006, así como la Segunda Asamblea celebrada en 2012 en Río de Janeiro con ocasión de la Conferencia Río+20. Conferencia en la que, como se señala a lo largo del artículo, las Naciones Unidas adoptan por primera vez el concepto de *transición justa*. LAURA MARTÍN participó también, como parte de la representación de los trabajadores, en las tareas de elaboración de la resolución sobre Desarrollo Sostenible adoptada en la Conferencia Internacional del Trabajo de la OIT en 2013, de cuyo desarrollo emanaron posteriormente las Directrices de la OIT sobre transición justa.

(18) El borrador actualizado del PNIIEC plantea una reducción para 2030 del 23 por 100 de las emisiones de GEI respecto a 1990, lo que representa el enorme desafío de reducir en una década el equivalente a un tercio de las emisiones actuales. Asimismo, se contempla mejorar para 2030 la eficiencia energética de España en un 39,5 por 100, mediante el aumento del consumo de energías renovables (42 por 100) y de generación eléctrica (74 por 100). Para más detalles ver GONZÁLEZ-EGUINO et al. (2020).

(19) Comisión Europea (2016). Esta plataforma se ve modificada por el cambio en la presidencia de la Comisión Europea en manos de URSULA VON DER LEYEN, quien ya anunció que la agenda climática será un eje central de su mandato, con el lanzamiento del *European Green Deal*. Ver: https://ec.europa.eu/commission/sites/beta-political/files/political-guidelines-next-commission_en.pdf

(20) Ver: <https://onu.org.pe/noticias/peru-y-espana-lideran-accion-climatica-para-el-empleo/>

(21) Se puede acceder al registro del evento en: <https://www.un.org/sg/en/content/sg/statement/2019-12-12/secretary-generals-remarks-cop25-event-climate-action-for-jobs-delivered>; https://www.ilo.org/global/about-the-ilo/newsroom/statements-and-speeches/WCMS_732232/lang--en/index.htm

(22) COP25, Decisión 1/CP.25.

(23) Ver: <https://www.wemeanbusinesscoalition.org/blog/climate-and-the-just-transition/>

BIBLIOGRAFÍA

BARUAH, B. (2016). Renewable inequity? Women's employment in clean energy in industrialized, emerging and developing economies. *Natural Resource Forum*, 41(1), pp. 18-29.

COMISIÓN EUROPEA (2016). *Energía limpia para todos los europeos*. COM (2016) 860 final.

ETUC (2006). *Climate Change and Employment: Impact on Employment in the European Union-25 of Climate Change and CO₂ Emission Reduction Measures by 2030*. Brussels.

— (2011). *Rio+20 Resolution on just transition*. Disponible en: <https://www.etuc.org/en/etuc-resolution-rio20-strengthening-social-dimension-sustainable-development>

— (2017). *Resolution on the follow-up of the Paris agreement on climate change*. Disponible en: <https://www.etuc.org/en/document/etuc-resolution-follow-Paris-agreement-climate-change-etuc-views-cop-23#.WtSVYeQUmUk>

FOYER, J. (Dir.). (2015). *Regards croisés sur Rio+20: La modernisation écologique à l'épreuve*. París: CNRS Éditions. Disponible en: <https://www.ccoo.es/1be7be8d9375655fc40941bd325f423f000001.pdf>

GONZÁLEZ-EGUINO, M., ARTO, I., RODRÍGUEZ-ZÚNIGA, A., GARCÍA-MUROS, X., SAMPEDRO, J., KRATENA, K. et al. (2020). Análisis del impacto del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIIEC) 2021-2030 de España. *Papeles de Economía Española*, 120. Madrid: Funcas.

ILO (2017). *Gender, labour and a just transition towards environmentally sustainable economies and societies for all*. Geneva: International Organization Office.

ILO ACTRAV (2018). *Just transition towards environmentally sustainable economies and societies for all*. Written by Béla Galgóczi, Senior Researcher at the European Trade Union Institute (ETUI).

IPCC (2014a). *Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático*.

— (2014b) *Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability*. New York: Cambridge University Press.

ITUC (2010). *Resolution on combating climate change through sustainable development and just transition*. Disponible en: <https://www.ituc-csi.org/resolution-on-combating-climate.html>

— (2017). *Just Transition – Where are we now and what's next*. ITUC Climate Justice Frontline Briefing 2017. Disponible en: https://www.ituc-csi.org/IMG/pdf/ituc_climate_justice_frontline_briefing_2017.pdf

KOHLER, B. (1998). *Just Transition – Where are we now and what's next*. Disponible en: https://www.ituc-csi.org/IMG/pdf/ituc_climate_justice_frontline_briefing_2017.pdf

NIETO SAINZ, J. (2009) *Los desafíos del cambio climático. Manual para comprender la agenda del clima*. Federación de Servicios y Administraciones Públicas de CC. OO. Madrid: Ediciones GPS.

— (2018). Notas sobre la transición justa. *Cuadernos de energía*, 57, pp. 101-108.

OIT (2008). *Repercusiones del cambio climático en el empleo y el mercado de trabajo*. Consejo de Administración, 303.ª reunión, cuarto punto del orden del día. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo.

<ul style="list-style-type: none"> — (2009). <i>Empleos verdes: ¡Mejoremos el clima para la igualdad de género también!</i> Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo — (2015) <i>Directrices de política para una transición justa hacia economías y sociedades ambientalmente sostenibles para todos.</i> Ginebra: OIT. — (2017). <i>Perspectivas Sociales y del Empleo en el Mundo – Tendencias del empleo femenino 2017.</i> Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo — (2018) <i>Perspectivas Sociales y del Empleo en el Mundo 2018: Sostenibilidad medioambiental con empleo.</i> Ginebra: OIT. — (2019a). <i>Declaración del Centenario de la OIT para el futuro del trabajo.</i> Ginebra: Conferencia Internacional del Trabajo. — (2019b) <i>Trabajar en un planeta más caliente: el impacto del estrés térmico en la productividad laboral</i> 	<p>y el trabajo decente. Ginebra: OIT. Resumen ejecutivo en español disponible en: https://bit.ly/2uZfk4r; Informe completo en inglés disponible en: https://bit.ly/30vxsTP</p> <p>OIT y CONAMA (2018). <i>La aplicación de las directrices de la OIT sobre transición justa en el contexto de la transición energética española.</i> Informe disponible en: www.conama.org/informeOIT</p> <p>OIT, PNUMA (2008). <i>Empleo verde: trabajo decente en una economía sostenible y de bajas emisiones de carbono.</i> Disponible en: www.ilo.org</p> <p>ONU (1992). <i>Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático.</i></p> <p>RYDER, G. (2015). El Acuerdo de París: creación de empleo y política climática para una transición justa. <i>El País.</i> Disponible en: https://blogs.elpais.com/alternativas/2015/12/</p>	<p>el-acuerdo-de-par por 100C3 por 100ADs-creaci por 100C3 por 100B3n-de-empleo-y-pol por 100C3 por 100ADtica-clim por 100C3 por 100A1tica-para-una-transici por 100C3 por 100B3n-justa.html</p> <p>SÁNCHEZ, A. B. (2019). El empleo verde para las mujeres. <i>El País.</i> Disponible en: http://agendapublica.elpais.com/el-empleo-verde-para-las-mujeres/</p> <p>STERN, N. (2006). <i>The Economics of Climate Change: The Stern Review.</i> Cambridge University Press.</p> <p>STRONG, M. (1994). Medio ambiente y desarrollo sostenible. En <i>Pensamiento sobre el porvenir de la justicia social: ensayos con motivo del 75º aniversario de la OIT.</i> Ginebra: OIT.</p> <p>VON HAGEN, M. y WILLEMS, J. (2012). <i>Women´s participation in green growth: A potential fully realised?</i> Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit.</p>
--	---	---

Resumen

El cambio climático y la transición hacia una economía descarbonizada suponen tanto riesgos como oportunidades para el sistema financiero y en particular para el bancario. En el primer caso, es necesario que se lleve a cabo un proceso de análisis de los riesgos físicos y de transición para afrontar los retos que suponen. En el segundo, el proceso de transición también supone oportunidades para el sector bancario que tiene un papel como canalizador de la financiación necesaria para llevar a cabo las inversiones que la transición hacia una economía descarbonizada va a requerir. En este proceso de transición, se han puesto en marcha varias iniciativas públicas y privadas, algunas de ellas muy recientemente, con el objetivo de lograr la necesaria involucración del sector financiero en el logro del Acuerdo de París. Los bancos centrales también están trabajando en analizar las implicaciones que los riesgos climáticos pueden tener para el sistema financiero y su integración en las prácticas supervisoras y macroprudenciales. En este artículo se realiza un repaso sobre cómo se están afrontando desde el sector financiero los retos que presenta el cambio climático y la transición hacia una economía baja en carbono y la necesidad de adoptar un enfoque de futuro.

Palabras clave: cambio climático, riesgos físicos, riesgos de transición, bonos verdes, estabilidad financiera, bancos centrales.

Abstract

Climate change and the transition to a decarbonized economy present both risks and opportunities for the financial system and in particular the banking sector. In the first case, it is necessary to carry out a process of analysis of the physical and transition risks in order to face the challenges that they involve. In the second case, the transition process also entails opportunities since the banking sector has an important role to play in channelling the necessary funding to carry out the investments that the transition to a low carbon economy will require. In this transition process, several public and private initiatives have been launched, some of them very recently, with the aim of achieving the necessary involvement of the financial sector in the achievement of the Paris Agreement. Central banks are also working on analysing the implications that climate risks may have for the financial system and their integration into supervisory and macro-prudential practices. This article reviews how the financial sector is addressing the challenges posed by climate change and the transition to a low-carbon economy and the need for a forward-looking approach.

Keywords: climate change, physical risks, transition risks, financial stability, green bonds, central banks.

JEL classification: G10, G20, E58, Q50.

CAMBIO CLIMÁTICO Y SISTEMA FINANCIERO: UNA NECESARIA MIRADA AL FUTURO

Clara I. GONZÁLEZ MARTÍNEZ (*)
Soledad NÚÑEZ RAMOS

Banco de España

I. INTRODUCCIÓN

EL Acuerdo de París firmado en 2015 fijó como objetivo evitar que la temperatura del planeta supere los 2 °C por encima de los niveles preindustriales, realizando esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5 °C. Pues bien, según la Organización Meteorológica Mundial la temperatura media mundial en 2019 (enero a octubre) era de unos 1,1 °C por encima del período preindustrial, por lo que el año 2019 cierra una década de calor global excepcional, con retroceso del hielo y aumento récord del nivel del mar provocados por los gases de efecto invernadero de las actividades humanas, estando en camino de ser el segundo o tercer año más cálido de la historia, afianzando así la tendencia observada en décadas anteriores. Así, según el informe IPCC (2018), si continúan las emisiones al ritmo actual es probable que el calentamiento de 1,5 °C se alcance entre 2030 y 2052, por lo que para limitar el calentamiento serían necesarios numerosos cambios y llevar a cabo una rápida transición.

El cambio climático tiene efectos económicos y sociales importantes. Como señala la Network of Central Banks and Supervisors for Greening the Financial System, en adelante NGFS, en su informe de 2019 (NGFS, 2019a), algunos estudios estiman que

la renta global media puede reducirse en un 25 por 100 hacia finales de siglo y una sustancial pérdida de valor de los activos en manos privadas, pudiendo alcanzar la pérdida esperada entre siete y trece billones de dólares, dependiendo del grado de calentamiento que se alcance en 2100 (véase Economist Intelligence Unit, 2015).

De ahí que sea relevante, tal como establece el Acuerdo de París, aumentar la capacidad de adaptación de la economía a los efectos adversos del cambio climático, promover un desarrollo de bajas emisiones de gases de efecto invernadero y fomentar la financiación de las inversiones necesarias para respaldar un crecimiento sostenible. A su vez, la implementación del Acuerdo de París es esencial para la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas firmados también en 2015.

En la actualidad hay diferentes estimaciones bajo diferentes escenarios sobre el volumen de financiación necesaria para alcanzar los objetivos marcados por el Acuerdo de París (1). El informe 2020, *The Climate Turning Point*, de CPI et al. (2016) señala que la inversión adicional anual media tendría que superar el billón de dólares anuales durante las próximas décadas para lograr una economía de

baja en carbono. Según el Pacto Verde Europeo elaborado por la Comisión Europea a finales de 2019, se necesitarían 260.000 millones de euros anuales de inversión adicional para conseguir los objetivos actuales de energía y clima establecidos para 2030.

Las actuaciones de cara a mitigar el cambio climático suponen tanto riesgos como oportunidades para el sistema financiero, en especial para los bancos. En este último caso, tanto los riesgos asociados al aumento en la frecuencia y la severidad de eventos climáticos (riesgos físicos) como aquellos vinculados con la transición hacia una economía baja en carbono como respuesta al cambio climático (riesgos de transición) pueden manifestarse en riesgos de crédito, de mercado y operacionales, como señala el Banco de Inglaterra (2018). Esto conlleva la necesidad de que los bancos consideren los riesgos relacionados con el cambio climático y la transición hacia una economía baja en carbono en su gestión integrada de riesgos financieros. Por el lado de las oportunidades, la canalización de los fondos necesarios para la transición supone una oportunidad de negocio en cuanto a su labor de intermediación. Así, los bancos están empezando a ser activos en la emisión de bonos verdes, préstamos sindicados y financiación de proyectos, así como en la oferta de diferentes servicios relacionados con las finanzas verdes, como son las colocaciones de emisiones, apertura de líneas especiales, asesoramiento, valoración, etcétera.

En la actualidad existe también un decidido compromiso institucional con el objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero para limitar

el aumento de la temperatura e implicar al sector financiero en la canalización de recursos necesarios para la transición. Desde la creación en 2016 del G20 Green Finance Study Group y en 2018 el G20 Sustainable Finance Study Group, se han puesto en marcha varias iniciativas institucionales, siendo las más recientes la creación de: la Plataforma Internacional para las Finanzas Sostenibles, la Coalición de Ministros de Finanzas para la Acción Climática y la presentación del Pacto Verde Europeo por parte de la Comisión Europea, cuyo objetivo es conseguir que Europa sea climáticamente neutra en el año 2050.

Por su parte, los bancos centrales y supervisores también están incorporando en sus agendas de trabajo el análisis del cambio climático y la valoración de sus riesgos, y han creado la Network for Greening the Financial System (NGFS), con el objetivo, entre otros, de compartir las mejores prácticas. La motivación es doble, tanto por la necesidad de integrar estos aspectos en sus prácticas supervisoras microprudenciales como por vigilar su potencial naturaleza sistémica que pudiera afectar al conjunto de la economía y el sistema financiero.

El objetivo de este artículo es repasar cómo se están afrontando desde el sector financiero los retos que presentan el cambio climático y la transición hacia una economía baja en carbono. En primer lugar, en la sección segunda se realiza un repaso de los principales riesgos que supone el cambio climático para el sistema financiero, en especial para los bancos, y los retos a los que se enfrentan. A continuación, en la sección tercera, se recogen la respuesta tanto por parte de las

entidades bancarias como de las instituciones públicas. Finalmente, en la sección cuarta, se recogen las actuaciones que están realizando los bancos centrales para considerar los aspectos climáticos en el desempeño de sus actividades de cara a hacer frente a los riesgos que supone el cambio climático para el sistema financiero.

II. EL SISTEMA FINANCIERO ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

1. Riesgos asociados al cambio climático

Los efectos del cambio climático, así como las actuaciones encaminadas a mitigarlo, suponen tanto riesgos como oportunidades (2) para las entidades financieras, en particular, para los bancos (3) y las compañías de seguros. Los riesgos financieros asociados al cambio climático se clasifican en dos grandes categorías: *riesgos físicos* y *riesgos de transición*. Con el actual calentamiento de la tierra, por encima de 1 °C sobre los niveles preindustriales, alguno de estos riesgos ya comienza a materializarse, por lo que la consideración de los mismos por parte de las entidades financieras no es algo que pueda ser ignorado.

Los *riesgos físicos* son aquellos que surgen como consecuencia del aumento de eventos climáticos, geológicos y de cambios en el equilibrio de los ecosistemas (G20 GFSG, 2016), y pueden manifestarse de forma abrupta (esto es, vinculados a un evento concreto como tormentas, huracanes, inundaciones y otras catástrofes naturales), o manifestarse de forma gradual (cambios a más largo plazo en

CUADRO N.º 1

COMBINACIÓN DE ESCENARIOS CLIMÁTICOS

Intensidad de la respuesta

(en base al cumplimiento de los objetivos climáticos)

Cumplimiento

Incumplimiento



Fuente: NGFS (2019a).

los patrones climáticos, que pueden dar lugar a un aumento del nivel del mar, olas de calor crónicas, desertización, etc.). En cualquier caso, conllevan un daño físico a los activos de las empresas y familias, interrupciones en la cadena de suministro o aumento de los gastos necesarios para afrontarlos (TCFD, 2017).

Los *riesgos de transición* son aquellos riesgos vinculados con la evolución hacia una economía baja en carbono como respuesta al cambio climático. Así, los cambios en las políticas, regulaciones, como límites a las emisiones de CO₂ o impuestos al carbón, en tecnologías y en las preferencias de los consumidores pueden provocar una reevaluación de una amplia gama de activos y afectar a la exposición de los bancos y otros prestamistas a medida que se evidencian los costes y las oportunidades.

Los riesgos físicos y de transición no son independientes entre sí, y dependiendo del grado de intensidad de las políticas y acciones encaminadas a mitigar los efectos del cambio climático, varios escenarios son posibles, como plantea la NGFS (2019a) recogido en el cuadro n.º 1. Si se ponen en marcha acciones o políticas de forma que la transición sea ordenada, se conseguirán neutralizar los efectos del cambio climático (esquina inferior izquierda). Sin embargo, si la acción correctiva es desordenada, fuerte y temprana presentará riesgos de transición mayores, pero menores riesgos físicos, mientras que, en escenarios con una acción correctiva débil, los riesgos físicos serán sustanciales y probables. Así pues, ambos riesgos serían elevados en el caso de que la respuesta fuera tardía y abrupta, cuando ya algunos de los riesgos físicos sean difíciles

de evitar (esquina superior derecha del cuadro n.º 1). La introducción tardía y abrupta de políticas conllevará la caída brusca en el valor de los activos, particularmente los de las compañías relacionadas con combustibles fósiles y de las que dependen intensamente de su uso (Carney, 2015). En este sentido, la Prudential Regulatory Authority del Banco de Inglaterra (BoE) alerta que la ventana de oportunidades para una transición ordenada es finita y se está cerrando (Banco de Inglaterra, 2018).

Estos riesgos físicos y de transición, a su vez se manifiestan en la tipología tradicional de riesgos a los que los bancos se enfrentan en su actividad, esto es, en riesgos de crédito, de mercado, operacionales, etc., como recoge el Banco de Inglaterra (2018). En concreto las posibles implicaciones en cada uno de ellos serían:

– *Riesgos de crédito*. Por una parte, los fenómenos climáticos extremos pueden causar pérdidas significativas a empresas y viviendas, reduciendo la capacidad de pago de los préstamos y dañando el valor de la propiedad. Para los bancos, esto supone un aumento del riesgo crediticio en la medida que aumenta la probabilidad de impago, además de una pérdida de valor de las garantías, aun en el caso de que los bienes estén asegurados. Esto también puede ocurrir con los fenómenos climáticos graduales, por ejemplo, a medida que se va desertificando una zona y se deteriora, en consecuencia, su economía. Por otra parte, el aumento de los riesgos de crédito puede también derivarse de las exposiciones crediticias a empresas con modelos de negocios que no están alineados con la transición a una economía

con bajas emisiones de carbono, dado que pueden tener un mayor riesgo de reducción de las ganancias y de interrupción del negocio, aumentando así la probabilidad de incumplimiento con sus obligaciones financieras y reduciéndose el valor del negocio.

– *Riesgos de mercado.* La transición hacia una economía baja en carbono, las políticas dirigidas a este objetivo, los cambios en las preferencias de los agentes económicos y los avances tecnológicos pueden llevar a revaluaciones sustanciales y abruptas del precio de los activos (bonos, acciones, etc.), particularmente si esta transición se produce de manera tardía, brusca y poco coordinada. Así, McGlade y Ekins (2015) estiman que limitar el calentamiento en 2 °C implica que el 80 por 100 de las reservas de carbón, el 33 por 100 de las de petróleo y el 50 por 100 de las de gas no podrán utilizarse, lo que supondrá una pérdida de valor de los activos relacionados con estas reservas (lo que se denomina *stranded assets* o activos varados) (4). Por su parte, los cambios tecnológicos pueden afectar al valor de determinados activos en la medida que supongan desplazamientos bruscos de los procesos y sistemas antiguos a través de un proceso de destrucción creativa (TCFD, 2017). Adicionalmente, la creciente frecuencia de fenómenos climáticos extremos puede tener un efecto adverso en el crecimiento económico y su potencial en aquellos países vulnerables a los cambios climáticos, impactando así al valor de su deuda soberana con un mayor coste de financiación y menor acceso a los mercados.

– *Riesgo operacional.* Los fenómenos climáticos graves

pueden afectar la continuidad del negocio, incluidas las redes de sucursales, oficinas, infraestructura, procesos y personal. Los precios de *inputs* como energía, agua y seguros podrían aumentar y con ello los costes operativos.

– *Riesgo de reputación.* Los riesgos de transición pueden materializarse también en riesgos de reputación si clientes e inversores perciben que los bancos no se alinean adecuadamente con los objetivos de la transición hacia una economía baja en carbono.

– *Riesgo de responsabilidad/legales.* Estos riesgos pueden surgir si las partes que han sufrido pérdidas por la materialización de los riesgos físicos y de transición intentan recuperar estas por parte de aquellos a quienes consideran responsables. Este riesgo puede afectar a los bancos directamente o indirectamente, esto es, a través del impacto que pueda tener en empresas con las que los bancos tengan exposición.

Si bien este artículo se centra en los efectos del cambio climático en bancos, el sector de seguros y reaseguros también se ve afectado. Un informe de PwC y CSFI (2017) señala que las compañías aseguradoras americanas consideran los riesgos relacionados con el cambio climático como el tercer riesgo más importante, y las compañías reaseguradoras como el segundo más importante. En particular, el sector está expuesto a una mayor frecuencia e intensidad de los eventos climáticos y meteorológicos. Las condiciones meteorológicas se han situado en más del 80 por 100 de las pérdidas catastróficas aseguradas en el año 2018, lo cual va acompañado

también del aumento de la frecuencia los siniestros meteorológicos cuyo número ha alcanzado un nivel récord en el año 2018 (ver BCE, 2019a). Si bien, en general, los analistas consideran que el sector del seguro y el reaseguro está más avanzado que el bancario en la incorporación en su gestión de los aspectos climáticos relacionados con los riesgos físicos, los modelos que incorporan los riesgos de transición todavía están en desarrollo (5).

2. Obstáculos y retos para el sector bancario

Si bien los riesgos físicos y de transición se clasifican dentro de los riesgos ordinarios a los que se enfrenta un banco, presentan características diferenciales con relación a los restantes riesgos (Banco de Inglaterra, 2018; NGFS, 2019a) que dificultan su valoración. De cara a que los bancos tengan en consideración los riesgos que supone el cambio climático es necesario que se superen una serie de obstáculos y retos, varios de los cuales están detrás de la percepción generalizada de que los precios de los activos no están reflejando adecuadamente los riesgos climáticos, en particular los de transición, lo que, a su vez, genera una asignación poco eficiente de los recursos financieros y tiene efectos adversos sobre la estabilidad financiera.

Los riesgos relacionados con el cambio climático tienen un amplio alcance, ya que son relevantes para múltiples líneas de negocios, sectores y geografías, por lo que el impacto total en la entidad, y en el sistema financiero, puede ser mayor que para otros tipos de riesgos. Y son de ocurrencia previsible, habiendo

un alto grado de certeza de que alguna combinación de riesgos físicos y de transición se materializará.

En este sentido, uno de los retos más relevantes es el desajuste temporal entre la acción y el impacto. El horizonte temporal en el que pueden materializarse los riesgos del cambio climático es de longitud mayor (y desconocida) a la de los horizontes utilizados en la planificación de negocios y valoración de riesgos, siendo esta una de las manifestaciones de lo que el gobernador del Banco de Inglaterra, Mark Carney, denominó la «tragedia del horizonte». La tragedia del horizonte se manifiesta como consecuencia de que los impactos catastróficos que pueda traer el cambio climático se materializarán fundamentalmente más allá de los horizontes de decisión tradicionales de los diferentes agentes económicos: empresas, inversores, bancos, gobiernos, bancos centrales, etc. La materialización de los riesgos del cambio climático supone, en definitiva, un coste para las generaciones futuras para el que la generación actual no tiene un fuerte incentivo a paliar (véase Carney, 2015). El impacto futuro depende de las acciones que se tomen hoy y este desajuste temporal produce una falta de percepción o de concienciación sobre los riesgos del cambio climático. Una perspectiva de largo plazo es requerida para asegurar, por parte de todos los agentes, que las decisiones que se toman hoy tienen en consideración los impactos futuros.

La transición hacia una economía baja en carbono, que supone un cambio estructural económico de calado, también conlleva costes y riesgos con implicaciones para la estabilidad

financiera. El proceso de transición puede acarrear, como ya se ha mencionado, pérdidas de valor sustancial en algunos activos o *stranded assets*, bruscas revalorizaciones en otros, precios desajustados y volatilidad exacerbada, con el consiguiente perjuicio para tenedores y emisores y para el sistema financiero en general. Dafermos, Nikolaidi y Galanis (2018) analizan los efectos del cambio climático a través del modelo denominado *DEFINE (Dynamic-Ecosystem-FINance-Economy)*, que recoge las interacciones entre el ecosistema, el sistema financiero y la macroeconomía, concluyendo que los efectos en la estabilidad financiera se producen por tres vías: primero, las catástrofes económicas como consecuencia del cambio climático, llevarían a una destrucción del capital de las empresas y a la reducción de su rentabilidad, lo que produciría un aumento de la morosidad empresarial que afectaría a empresas financieras y no financieras. Segundo, los daños climáticos pueden llevar a una reasignación de los activos que causaría un deterioro gradual del precio de los bonos corporativos, y tercero, los efectos macroeconómicos adversos llevarían a una disminución del crédito, exacerbando así el deterioro macroeconómico.

Al mismo tiempo, el ritmo de transición también condiciona la magnitud del impacto. Así, el trabajo del ESRB (2016) señala que mientras los riesgos sistémicos de una transición a una economía baja en carbono gradual son limitados, los de una transición tardía y abrupta serían considerables, actuando vía el impacto macroeconómico de los cambios abruptos en el uso de energía, con posible escasez de oferta de energías alterna-

tivas, vía la revaluación súbita de activos intensivos en carbono; y también a través de un aumento de la incidencia de catástrofes naturales.

De cara a una correcta valoración del impacto del cambio climático en los activos financieros y a evitar una asignación ineficiente de los recursos, es necesaria un mayor volumen de información pública sobre exposiciones a los riesgos financieros relacionados con el clima. Dicha información es crucial para que empresas, inversores y consumidores tomen las decisiones adecuadas, para que los bancos puedan valorar sus exposiciones, para que los gobiernos formulen las políticas adecuadas para que los supervisores puedan valorar los impactos en el sistema financiero. Es necesario, además, que la divulgación de esta información se haga de manera armonizada a nivel internacional. En este sentido, las recomendaciones formuladas por la Task Force on Climate Related Financial Disclosures (TCFD) (6) y sus guías de implementación son un avance.

La TCFD fue creada en 2015, impulsada por el Financial Stability Board y liderada por la industria, con el objetivo de promover la efectividad y consistencia de los sistemas voluntarios de divulgación de información sobre riesgos asociados al cambio climático por parte de las compañías y entidades financieras dirigida a prestamistas, aseguradores, inversores y otras partes interesadas. Las recomendaciones de la TCFD (2017), son voluntarias y tienen como objetivo que la información sea consistente, comparable, veraz y clara alrededor de cuatro bloques: i) gobernanza; ii) estrategia; iii) gestión de riesgos; y iv) métricas y objetivos.

Según el informe de progreso publicado en 2019 por la TCFD, la divulgación de información financiera relacionada con el clima ha aumentado (7), pero se requiere un mayor avance. En particular, es necesario que se mejore la claridad en los potenciales impactos que permitan decisiones financieras suficientemente informadas. El informe señala que de aquellas empresas que utilizan escenarios, la mayoría no reporta información sobre la capacidad de resistencia de sus estrategias, lo cual supone un gap relevante, si bien algunas de ellas están en proceso de utilizarlos internamente y de aprender a cómo integrarlos en su estrategia corporativa. Por otra parte, el informe señala que la integración de las cuestiones relacionadas con el clima requiere la participación de múltiples funciones dentro de las organizaciones, siendo especialmente relevante la implicación de las áreas de gestión de riesgos y funciones financieras (véase TCFD, 2019).

En definitiva, la evaluación de los riesgos climáticos requiere metodologías basadas en escenarios *forward-looking*, con interacciones de causa-efecto complejas entre clima-economía-sector financiero y en datos que no se han observado en el pasado. Como señala la NGFS, las herramientas y metodologías para evaluar los riesgos financieros climáticos se encuentran en una etapa temprana, aunque en proceso de claro avance. El diseño de estos modelos se enfrenta en la actualidad a una limitada disponibilidad de datos, en particular, a nivel individual de activos con información granular del sector de actividad del emisor, lo que resta capacidad a supervisores e instituciones financieras de poder valorar adecuadamente los ries-

gos. En este sentido, la existencia de una taxonomía común que permita conocer qué es «verde» y qué es «marrón» con criterios estandarizados a nivel global contribuiría también a una mejor evaluación de los riesgos tanto por parte de bancos, como de inversores y supervisores.

Los riesgos del cambio climático, los retos asociados y las oportunidades que ofrece la transición, conllevan que los bancos deban pasar a incorporar los aspectos climáticos en el marco operacional y de riesgos, es decir en el *core business*, y no limitarse al ámbito de la responsabilidad social corporativa. No es una tarea fácil dado que, como se ha mencionado, se enfrentan con obstáculos en la valoración de los riesgos, como son la falta de información, de conocimiento de metodologías apropiadas y consideración de un enfoque *forward looking* que permita también mirar al largo plazo. Para poder avanzar en estos retos es necesario crear nuevas capacidades y desarrollar «mejores prácticas», aspectos en los que sus supervisores deben cooperar.

III. ACTUACIONES DEL SECTOR FINANCIERO E INSTITUCIONAL

La transición hacia una economía baja en carbono supone cambios económicos estructurales de gran calado que afectan a la práctica totalidad de los sectores y actividades económicas. Este proceso requiere la acción decidida del sector público en políticas, inversiones y recursos, pero la financiación de estas inversiones también demanda, sin duda, la acción del sector privado y la involucración

de las entidades financieras en el cumplimiento de su función de canalizar recursos desde los ahorradores hacia los demandantes de fondos. De hecho, entre los objetivos del Acuerdo de París, además de limitar el aumento de la temperatura por debajo de los 2 °C respecto a los niveles preindustriales, se establecía «situar los flujos financieros en un nivel compatible con una trayectoria que conduzca a un desarrollo resiliente al clima y con bajas emisiones de gases de efecto invernadero». A continuación, se recoge la respuesta del sector privado ante los retos y oportunidades que supone el cambio climático, así como las iniciativas institucionales que se están desarrollando.

1. Respuesta del sector privado

De cara a hacer frente a los retos que suponen los riesgos del cambio climático, las entidades bancarias están poniendo en marcha diferentes actuaciones para su gestión dentro del negocio bancario. Una de ellas son los principios de banca responsable (PBR), iniciativa de UNEP (8) Finance Initiative (UNEP FI) (9) que contó con la firma de 130 bancos de 49 países (10) (un tercio del sector bancario global) en septiembre de 2019. Las entidades firmantes se comprometen a alinear sus negocios con los objetivos del Acuerdo de París sobre el Clima y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y los marcos nacionales pertinentes. Además, supone aumentar el impacto positivo en el medioambiente como resultado de su actividad; trabajar de forma responsable con los clientes para fomentar las prácticas sostenibles; conseguir implicar a

otras partes interesadas; implementar el compromiso a través de una gobernanza efectiva y una cultura de banca responsable; y, finalmente, rendir cuentas periódicamente sobre su implementación. Al mismo tiempo, 33 de los firmantes de los PBR (11) establecieron el Compromiso Colectivo de Acción Climática a través del cual se establecen medidas y plazos concretos para que los bancos aumenten su contribución a los objetivos del Acuerdo de París y alineen sus carteras de acuerdo a ellos.

En España, en línea con dicho compromiso de UNEP FI y en el marco de la COP25, más de 20 bancos (representando más del 95 por 100 del sector) y con la adhesión del Instituto de Crédito Oficial (ICO), firmaron un compromiso conjunto (12) donde se comprometen «a desarrollar las metodologías necesarias para valorar el impacto que puede tener en sus balances la actividad desarrollada por sus clientes desde un punto de vista de preservación del medio ambiente y la lucha contra el cambio climático, para así asegurar que sus balances están alineados con el Acuerdo de París y con el acuerdo español sobre el clima». Se establece que, en el plazo máximo de tres años, las entidades tendrán que establecer y publicar objetivos específicos, aunque se plantea implementar y publicar medidas en un año. Además, las entidades se comprometen a informar anualmente sobre su progreso individual y cada dos años del avance colectivo.

A través de estas iniciativas, los bancos contribuirán a que haya una mayor transparencia en cuanto a la forma de afrontar los riesgos climáticos. Además, cada vez más entidades se están adhi-

riendo a las recomendaciones de la TCFD, como se ha visto en la sección anterior, si bien todavía queda por avanzar como también se ha señalado. La Comisión Europea ha elaborado unas guías sobre reporte de información sobre cambio climático que integran las recomendaciones de la TCFD, complementan la Directiva sobre divulgación de información no financiera e incluyen un apartado especial para bancos y aseguradoras.

También se están poniendo en marcha diferentes ejercicios piloto, como por ejemplo el realizado por UNEP FI con dieciséis bancos globales sobre la implementación de las recomendaciones de la TCFD, donde se desarrollaban metodologías para la evaluación basada en escenarios de los riesgos tanto de transición como físicos.

Al mismo tiempo, la necesaria financiación de la transición hacia una economía baja en carbono, supone una oportunidad de negocio para las entidades financieras que están ofreciendo de forma creciente todo tipo de productos y servicios relacionados con las finanzas verdes, como son, préstamos mayoristas y préstamos sindicados, apertura de líneas especiales, hipotecas verdes, otros préstamos minoristas, asesoramiento, valoración, etcétera. (13) Se espera que estas actividades aumenten en los próximos años dado que según el *Risk Assessment Questionnaire* realizado por la Autoridad Bancaria Europea (EBA, por sus siglas en inglés) en junio de 2019, el 90 por 100 de los bancos encuestados han desarrollado o planean desarrollar productos verdes y/o servicios basados en consideraciones medioam-

bientales (Autoridad Bancaria Europea, 2019), que en buena parte irán destinados al sector minorista.

Un segmento en el que las entidades están siendo particularmente activas es en la colocación y emisión de bonos verdes (14), siendo el instrumento más utilizado actualmente. La emisión acumulada desde la primera emisión realizada en 2007, por parte del Banco Europeo de Inversiones, hasta noviembre de 2019 alcanza los 735.000 millones de dólares. El mercado ha sido especialmente activo en 2019, con emisiones hasta noviembre que alcanzan algo más de 231.000 millones de dólares según *Climate Bonds Initiative*, de los cuales 52.000 millones de dólares han sido emitidos por entidades financieras.

También se están desarrollando otros tipos de bonos, como por ejemplo los bonos azules o los bonos de transición. Los primeros, se inspiran en los bonos verdes y son un instrumento de financiación emitido por gobiernos, bancos de desarrollo y otras instituciones en virtud del cual los fondos recaudados se destinan exclusivamente a proyectos considerados favorables a los océanos (15). Por otro lado, los denominados bonos de transición fueron introducidos en el mercado por AXA a mediados de 2019 (16), y financian proyectos relacionados con el proceso de cambio de determinadas empresas en sectores que podrían ser denominados «marrones» y que no podrían emitir bonos clasificados como verdes.

No obstante, cabe señalar que la emisión de bonos verdes en 2018 supuso solamente un 2,6 por 100 de la emisión

total de bonos y los bonos verdes vivos apenas alcanzan el 0,5 por 100 del total de bonos vivos, por lo que la brecha de financiación es aún notable. Una de las barreras para una mayor emisión de instrumentos verdes actuales es la diversidad de principios y estándares (17). En este sentido, el futuro reglamento europeo sobre taxonomía «verde» y el de índices de referencia ayudará tanto a inversores como a emisores a discernir qué es «verde». En la misma línea, la publicación de los *Principios de los Préstamos Verdes (GLP*, por sus siglas en inglés) elaborados por la Loan Market Association en marzo de 2018 pueden ser impulsores de un desarrollo mayor de préstamos verdes. Al mismo tiempo, la demanda de instrumentos verdes también se verá beneficiada a medida que los emisores publiquen información financiera relevante y armonizada sobre los riesgos y políticas con relación al cambio climático.

2. Iniciativas institucionales

La consecución de los objetivos del Acuerdo de París y el hecho de afrontar los retos del cambio climático supone, como se ha mencionado, la transformación de múltiples sectores y actividades económicas para lo cual es necesario un elevado volumen de inversión y la acción decidida del sector público en políticas, inversiones y recursos. En los últimos años, el número de iniciativas institucionales ha aumentado con el fin de involucrar al sector financiero en la consecución de los objetivos del Acuerdo de París.

Como parte de los esfuerzos internacionales para conseguir los objetivos del Acuerdo de París,

en este ámbito la Unión Europea lanzó en octubre de 2019 la Plataforma Internacional para las Finanzas Sostenibles (IPSF, por sus siglas en inglés) junto con las autoridades de Argentina, Canadá, Chile, China, India, Kenia y Marruecos. Su objetivo último es aumentar la movilización de capital privado hacia inversiones ambientalmente sostenibles, si bien también es un foro para fortalecer la cooperación internacional y, en su caso, la coordinación de enfoques e iniciativas para los mercados de capitales. La IPSF trabajará en estrecha colaboración con otras redes, como la Coalición de Ministros de Finanzas para la Acción Climática y el Network for Greening the Financial System (NGFS).

La Coalición de Ministros de Finanzas para la Acción Climática está formada por 51 países, entre ellos España, y se presentó en abril de 2019 alrededor de los Principios de Helsinki. Su objetivo es el de promover la acción climática nacional, especialmente a través de la política fiscal y el uso de las finanzas públicas. En el marco de la COP25, celebrada en Madrid, se estableció el denominado Plan de Acción de Santiago, por el que los ministros de finanzas se comprometen a introducir el cambio climático en sus políticas económicas y financieras hacia un crecimiento bajo o nulo en emisiones. Entre estos principios, el quinto se dedica al papel que pueden tener sus miembros en la movilización de recursos desde el sector privado, como complemento a los bancos centrales y reguladores de mercado.

En Europa, la Comisión Europea presentó el Pacto Verde Europeo en diciembre de 2019 (18) que supone un con-

junto de medidas con el objetivo de conseguir que Europa sea climáticamente neutra en el año 2050. Las políticas planteadas afectan prácticamente a todos los sectores de la economía, entre otros a energía, edificios, industria y movilidad. La consecución de los objetivos de clima y energía para 2030 requerirá de 260.000 millones de euros de inversión adicional al año, según la Comisión Europea, para lo cual será necesaria la movilización tanto del sector público como del privado. En 2020 se elaborará un Plan de Inversión para Europa Sostenible, proponiéndose que al menos el 25 por 100 del presupuesto a largo plazo de la Unión Europea (UE) se dedique a la acción climática, y se contará con la involucración del Banco Europeo de Inversiones (BEI). De hecho, el BEI ha anunciado que movilizará en la próxima década un billón de euros en inversiones para la acción climática y la sostenibilidad medioambiental y dejará de financiar proyectos energéticos basados en combustibles fósiles a finales de 2021.

El Pacto Verde Europeo reconoce que el sector privado es clave para contribuir a la financiación de la transición y presentará en 2020 una estrategia de financiación sostenible renovada que se centrará en: i) fortalecer las bases de las inversiones sostenibles, para lo cual se señala que será necesaria, entre otros, la adopción de la taxonomía, el aumento del reporte de información y asegurar una apropiada gestión de los riesgos; ii) se ofrecerán mayores oportunidades a inversores y empresas facilitándoles la identificación de inversiones sostenibles y asegurando su credibilidad, para lo cual se trabajará en el desarrollo de etiquetas para productos de

inversión minorista y un estándar de bonos verdes en la UE; y iii) mejor integración de los riesgos climáticos y medioambientales en el marco prudencial y aumento de la capacidad de resistencia del sistema financiero a estos riesgos.

La Comisión Europea lleva trabajando desde 2018 en el denominado «Action Plan on Financing Sustainable Growth» para desarrollar la estrategia de la Unión Europea en finanzas sostenibles (19) e integrar las cuestiones medioambientales, sociales y de gobernanza (ESG, por sus siglas en inglés) en el sistema financiero europeo. Los objetivos principales del Plan de Acción de la Comisión Europea son: i) reorientar los flujos de capital hacia inversiones sostenibles; ii) gestionar los riesgos del cambio climático, la degradación medioambiental y problemas sociales; y iii) fomentar la transparencia y la visión a largo plazo de la actividad económica y financiera (véase Comisión Europea, 2018). Para la consecución de dichos objetivos, y vinculados con algunas de las acciones concretas planeadas, se encuentran en marcha tres propuestas legislativas (20): un reglamento para establecer un sistema de clasificación unificado, o taxonomía, para las actividades sostenibles (21); un reglamento sobre la divulgación de información relativa a inversiones sostenibles por parte de inversores institucionales y gestores de activos; y un reglamento para crear una nueva categoría de índices de sostenibilidad de referencia para inversiones.

Además, la EBA también ha recibido un mandato para incorporar las consideraciones de sostenibilidad y ESG en el marco regulatorio y de supervisión ban-

caria, recogido en su Action Plan on Sustainable Finance. En la primera fase se está trabajando en los riesgos medioambientales y en concreto en cambio climático. Los mandatos de la EBA comprenden, entre otros ámbitos aquellos relativos a regulación, reporte de información, contribución al trabajo del Technical Expert Group y desarrollo de pruebas de resistencia específicas de cambio climático.

En España, el Ministerio para la Transición Energética presentó en 2019 el Marco Estratégico de Energía y Clima (22) con el objetivo de facilitar la transformación de la economía basado en tres ejes: el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030 (23), el anteproyecto de Ley de Cambio Climático y Transición Energética, y la Estrategia de Transición Justa. El Ministerio estima que este marco movilizará en la próxima década 241.000 millones de euros, donde el 80 por 100 de las inversiones se realizarán por parte del sector privado y el 20 por 100 por el sector público. En lo que se refiere al sector financiero, el borrador del anteproyecto de Ley de Cambio Climático y Transición Energética incluye un artículo dedicado al sector financiero, a través del cual sociedades emisoras de valores, entidades de crédito, aseguradoras y sociedades por razón de tamaño tendrían que proporcionar una mayor información sobre el impacto financiero de los riesgos asociados al cambio climático. También se establece que el Banco de España, la Comisión Nacional del Mercado de Valores y la Dirección General de Seguros y Fondos de Pensiones realicen conjuntamente un informe de evaluación de los riesgos para el sistema financiero y las políticas para combatirlo.

IV. RESPUESTA DE LOS BANCOS CENTRALES ANTE LOS RIESGOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Al igual que para las entidades financieras, los bancos centrales también tienen que entender los riesgos climáticos y crear capacidades. Como se ha señalado anteriormente, los riesgos del cambio climático tienen una naturaleza sistémica, afectando al conjunto de las economías y pudiendo tener un gran impacto en la estabilidad financiera. Por ello, es necesario que los bancos centrales realicen análisis de impacto económico en distintos escenarios y el consiguiente impacto para el sistema financiero.

Por otra parte, en la medida que el cambio climático y la transición hacia una economía baja en carbono tiene efecto sobre el balance y la cuenta de resultados de los bancos, los bancos centrales, o los supervisores financieros, han de integrar los aspectos relacionados con el cambio climático en sus prácticas supervisoras, requiriendo información a las entidades supervisadas sobre su exposición y gestión de los riesgos climáticos y de transición, así como su política y gobernanza con relación a los mismos. De hecho, el Mecanismo Único de Supervisión ha identificado por primera vez los riesgos de cambio climático en su mapa de riesgos de 2019 como uno de los riesgos a seguir desde la perspectiva supervisora (BCE, 2019b).

Además, el impacto económico del cambio climático y de la transición, así como en los precios relativos y en el propio nivel de precios, hace necesario que estos aspectos se tengan en cuenta en la realización de las

previsiones económicas y de precios para la toma de decisiones relacionadas con la política monetaria, labor que requiere también metodologías novedosas y un horizonte de previsión más largo al que se viene utilizando (ver Coeuré, 2018). En opinión de Villeroy (2019) se hace necesario un mejor entendimiento por parte de los bancos centrales de cómo conducir la política monetaria central en un contexto de cambio climático, y de medidas encaminadas a la reducción de las emisiones de efecto invernadero, que dan lugar a shocks negativos más frecuentes y extremos. Con tal fin, los modelos de predicción usualmente utilizados por los bancos centrales, desarrollados para analizar tendencias de medio plazo, tendrán que ser revisados (Villeroy, 2019).

Desde el discurso *Breaking the Tragedy of the Horizon: Climate Change and Financial Stability* pronunciado en 2015 por el gobernador del Banco de Inglaterra, Mark Carney, los bancos centrales han ido reconociendo de forma creciente la necesidad de incorporar las implicaciones del cambio climático en sus análisis de estabilidad financiera y en sus ejercicios de resistencia de los sistemas financieros de su incumbencia (véase Carney, 2015). En particular, el trabajo dedicado al análisis de las implicaciones de estos riesgos ha aumentado de forma considerable en los últimos dos años. Una muestra de ello es la puesta en marcha de la Network for Greening the Financial System (NGFS) en diciembre de 2017, que agrupa a 54 bancos centrales y autoridades supervisoras (24) y 12 observadores a diciembre de 2019, con el objetivo de intercambiar experiencias y conocimiento con relación a la

supervisión micro- y macroprudencial de los aspectos relacionados con el cambio climático, identificar las mejores prácticas y promover la financiación verde.

La NGFS publicó, en abril de 2019, seis recomendaciones no obligatorias que reflejan las mejores prácticas identificadas por los miembros de la NGFS para facilitar el papel del sector financiero en alcanzar los objetivos del Acuerdo de París (NGFS, 2019a). Además, se espera que inspiren a los bancos centrales y supervisores, tanto miembros como no miembros, y también a otros participantes del sistema financiero, a tomar las medidas necesarias para impulsar un sistema financiero más verde. Estas seis recomendaciones son: i) integración de los riesgos relacionados con el clima en el seguimiento de la estabilidad financiera y la microsupervisión; ii) integración de los factores de sostenibilidad en la gestión de la cartera propia; iii) cerrar las brechas de datos; iv) crear conciencia y capacidad intelectual, así como fomentar la asistencia técnica y el intercambio de conocimientos; v) lograr una información sólida y coherente a nivel internacional sobre el clima y el medio ambiente; y vi) apoyar el desarrollo de una taxonomía de las actividades económicas. Las cuatro primeras son de aplicación al trabajo de los bancos centrales y supervisores, mientras que las dos últimas van más dirigidas a los decisores de las políticas para facilitar el trabajo de los bancos centrales y supervisores.

Los bancos centrales, tal como recoge el cuadro n.º 2, están ya trabajando en analizar la exposición de sus sectores bancarios a los riesgos del cambio climático y en particular a los sectores que se

verán más afectados por la transición a una economía baja en carbono. Algunos ejemplos son los trabajos del Banco Central Europeo (BCE) (2019a), Banco de Inglaterra (2019), Banque de France y ACPR (2019), Banco de España (25) (Delgado, 2019), De Nederlandsche Bank (DNB) de los Países Bajos (Regelink et al., 2017) y Finaninspektionen (2016).

Algunos bancos centrales están desarrollando pruebas de resistencia ante los riesgos del cambio climático. Uno de los primeros ha sido el Banco de los Países Bajos (DNB), que ha llevado a cabo un ejercicio de test de estrés para los riesgos de transición en un horizonte de cinco años, con cuatro escenarios posibles respecto a la implementación de políticas diseñadas con el objetivo de mitigar los impactos adversos del cambio climático y los avances tecnológicos que reduzcan las emisiones de CO₂. También están trabajando en el desarrollo de pruebas de estrés el Banco de Inglaterra, Banco de Francia, Banco Nacional de Dinamarca, Banco de España, Autoridad Bancaria Europea y BCE (26).

Además, los bancos centrales también están incorporando criterios ASG (ambientales, sociales y de gobernanza) o de inversión sostenible y responsable (ISR) en la gestión de las carteras propias. Esta era una de las recomendaciones de la NGFS y según una encuesta realizada entre los bancos de la red, 25 de los 27 encuestados, entre los que se incluye el Banco de España (27), ya han adoptado los principios de ISR en sus enfoques de inversión, o están planeando hacerlo. Esta estrategia va desde la aplicación de los más amplios principios ambientales,

CUADRO N.º 2

EJEMPLOS DE HERRAMIENTAS UTILIZADAS POR LOS BANCOS CENTRALES

Valoración de exposiciones a riesgos climáticos	Banco de España Banco de Inglaterra Banco de Francia y ACPR Banco de los Países Bajos BCE Finansinspektionen SSM (ha señalado riesgos climáticos entre los relevantes en su mapa de riesgos 2019)
Prácticas supervisoras y pruebas de resistencia	Banco de España Banco de Inglaterra (pruebas de resistencia en 2021) Banco de Francia (pruebas de resistencia en 2020) Banco de los Países Bajos (pruebas de resistencia para riesgos de transición realizadas en 2018) Banco Nacional de Dinamarca (pruebas de resistencia en 2020) Autoridad Bancaria Europea (anunciado en su Action Plan on Sustainable Finance) BCE
Criterios ASG, ISR o de exclusión en compra / gestión de activos	Banca de Italia (criterios ASG en política de inversión) Banco de España (criterios ISR en gestión de cartera y política de inversión) Banco de México (consideraciones de ISR en la tenencia de renta fija en su propia cartera, criterios ESG como parte de sus decisiones de inversión) Banco de Francia (estrategia de inversión responsable, inclusión de criterios ASG en gestión de cartera) Banco de Irlanda (criterios ASG - acciones cartera de inversión) Banco de los Países Bajos (principios de inversión responsable en sus carteras propias y sus reservas de moneda extranjera) Banco Nacional de Hungría (creación de una cartera de bonos verdes) Banco de Noruega (ISR en reservas y en la gestión del Fondo Soberano Noruego) Banco Nacional de Suiza (ejerce sus derechos de voto en las juntas anuales y extraordinarias, exclusión en acciones de cartera de inversión)
Políticas crediticias	Banco de Bangladés Banco de Reserva de la India
Medidas macroprudenciales	Banco Central de Brasil (Pilar 2)
Coeficiente de reservas	Banco de Líbano Banco Popular de China, PBOC
Política de colateral	Banco Popular de China, PBOC (para operaciones de medio plazo)

Fuentes: Elaboración propia.

sociales y consideraciones de gobernanza (ESG) (60 por 100 de la encuesta de los encuestados) a los enfoques específicos del clima (16 por 100). Según NGFS (2019b), los bancos centrales pueden optar por adoptar la ISR para mitigar de la sostenibilidad en su cartera, o para crear un impacto positivo en el medio ambiente y la sociedad junto con los beneficios financieros. Entre las cinco estrategias de ISR identi-

cadadas en dicho trabajo, las más destacadas son las inversiones en bonos verdes, selección negativa (exclusión) de acciones y las tenencias de bonos corporativos.

El alcance de la involucración de los bancos centrales con relación al cambio climático depende fundamentalmente del mandato que tengan y de la interpretación que se dé al mismo. La mayor parte de los bancos,

y en particular los occidentales, tienen como objetivo principal la estabilidad de precios. Este objetivo principal se basa en el entendimiento teórico y empírico de que una inflación baja y estable es una condición necesaria para el crecimiento o el desarrollo. Además, salvaguardar la estabilidad financiera es otra de las funciones que generalmente se encomienda a los bancos centrales (28), y también en un

número importante de bancos centrales tienen encomendada la supervisión prudencial de entidades financieras. Estos mandatos son los que justifican la toma en consideración de los aspectos del cambio climático y de la transición energética en la supervisión micro- y macroprudencial, así como en la vigilancia de la monitorización de los efectos sobre la estabilidad de precios, pero no determina que vayan más allá en promover activamente la sostenibilidad y las finanzas verdes (véase Dikau y Volz, 2018).

En concreto, para que los bancos centrales asuman un papel activo mediante el establecimiento de incentivos hacia la financiación verde o penalizadores de la financiación marrón se requiere un mandato legal explícito sobre objetivos ambientales y de sostenibilidad (29), dadas las potenciales distorsiones que las intervenciones directas encaminadas a promover la financiación verde puedan tener en los mercados y el posible conflicto con sus objetivos. Sin embargo, en la mayoría de las economías avanzadas, los bancos centrales tienen un mandato relativamente estrecho con relación al crecimiento sostenible, bien por ser secundario y supereditado al principal de estabilidad de precios (30), bien por no estar explicitado en absoluto, lo que explica que muestren cierta cautela a la hora de utilizar herramientas prudenciales o de política monetaria en apoyo de las finanzas verdes por motivos diferentes a los prudenciales o de estabilidad financiera (31). En el caso del Banco Central Europeo, Largarde (2019) considera que se tiene que explorar en todas las dimensiones del banco central si el cambio climático tiene un impacto. Si bien no considera que la lucha contra el cambio

climático deba ser el mandato número uno, sí que debe llevarse a cabo una revisión y plantea cuatro áreas donde el cambio climático tendría implicaciones: i) en el análisis macroeconómico y modelización; ii) en la supervisión de los bancos; iii) en las operaciones de inversión de la cartera propia y la gestión del fondo de pensiones; y iv) como parte del programa de compras debería analizarse dónde y cómo el cambio climático tiene o debería tener un impacto.

Por el contrario, en un buen número de economías en desarrollo y emergentes, los mandatos de los bancos centrales son más amplios e incluyen la sostenibilidad, así como los objetivos sociales y económicos. Esto se ve reflejado en el hecho de que en muchas economías en desarrollo y emergentes (para un mayor detalle véase Dikau y Volz, 2018 y Dikau y Ryan-Collins, 2017) los bancos centrales han sido comparativamente más activos en la promoción de las finanzas verdes y el desarrollo sostenible, como se ve en el cuadro n.º 2.

Por ejemplo, algunos emplean políticas de asignación de créditos, como el Banco de Bangladés que ha puesto en marcha diferentes líneas de refinanciación verde destinadas a inversiones en sectores concretos como, por ejemplo, agua, uso de energía o sector textil. En el caso del Banco de la Reserva de la India, en 2015 extendió su *RBI's Priority Sector Lending* para incluir infraestructuras sociales y proyectos de energía renovable en la lista de sectores prioritarios a los cuales los bancos comerciales deben conceder el 40 por 100 del crédito bancario comercial neto. Por su parte, el Banco Central de Brasil ha establecido

restricciones al crédito en áreas ambientalmente sensibles en el Amazonas, además de requerir que los bancos comerciales incorporaren criterios medioambientales y sociales en las pruebas de resistencia y de considerar dichos riesgos en los requisitos de capital.

Por su parte, el Banco Popular de China (PBOC) ha puesto en marcha varias herramientas «verdes» en los últimos años, también en cooperación con otras agencias, que incluyen a *Green Credit Policy*, la creación de una base de datos con información detallada, la emisión de una *Green Credit Guidelines* voluntarias para los bancos, políticas de colateral y coeficientes de reservas. También se está trabajando en el desarrollo de un mercado de bonos verdes y se está considerando líneas de refinanciación verdes para los bancos comerciales, así como la introducción de un *green supporting factor (GSF)* en los requerimientos de capital regulatorio. El PBOC es el único miembro de la NGFS que tiene políticas dedicadas a promover las finanzas verdes a través de la política monetaria (NGFS, 2018).

V. CONCLUSIONES

El cambio climático y la transición hacia una economía descarbonizada conllevan tanto riesgos como oportunidades para las entidades financieras. Por el lado de las oportunidades, la transición hacia una economía descarbonizada implica voluminosas necesidades de financiación, con la involucración de las entidades financieras, lo que supone oportunidades de negocio que las entidades están aprovechando crecientemente, si bien el camino por recorrer es aún largo.

Las entidades bancarias tienen que hacer frente a los riesgos financieros relacionados con el cambio climático, tanto los físicos como los de transición. Si bien dichos riesgos se clasifican dentro de los riesgos ordinarios a los que se enfrenta un banco, presentan características diferenciales con relación a los restantes riesgos que dificultan su valoración: no son independientes entre sí, dependen de las acciones que se tomen en el corto plazo, tienen un amplio alcance, un horizonte temporal largo e indefinido y son de ocurrencia previsible, dado que con un alto grado de certeza se materializará alguna combinación de ambos. De cara a una correcta valoración del impacto del cambio climático en los activos financieros, y a evitar una asignación ineficiente de los recursos, será necesaria, en el corto plazo, una mayor información pública sobre las exposiciones a los riesgos financieros relacionados con el clima. Al mismo tiempo, es necesario el desarrollo de metodologías basadas en escenarios *forward-looking* y la disponibilidad de datos más granulares.

Las entidades financieras han de gestionar los aspectos relacionados con el cambio climático fuera del marco de la responsabilidad social corporativa, integrándolos en la estrategia de su negocio principal y facilitando información pública sobre su exposición. En este contexto, el sector bancario está poniendo en marcha iniciativas como los Principios de Banca Responsable de UNEP FI o el compromiso de los bancos españoles para alinear sus actividades con los objetivos del Acuerdo de París.

Desde el lado institucional, la transición también requiere

la acción del sector público en cuanto a políticas, inversiones y recursos. En la actualidad existe un decidido compromiso institucional para poner en marcha medidas que permitan la consecución de los objetivos establecidos por el Acuerdo de París y la involucración del sistema financiero en la transición. En particular, la creación tanto de la Plataforma Internacional para las Finanzas Sostenibles como de la Coalición de Ministros de Finanzas para la Acción Climática y los trabajos de la Comisión Europea, a través del Plan Verde Europeo y el Plan de Acción de Crecimiento Sostenible, contribuirán a la conexión entre el sector privado y la financiación con la agenda de desarrollo sostenible de la Unión Europea.

Por último, también señalar que se ha producido un rápido avance en la toma de consideración por parte de los bancos centrales de qué supone el cambio climático y la transición hacia una economía baja en carbono, así como en la incorporación de estos aspectos en la supervisión micro- y macroprudencial. Sin embargo, el horizonte más largo e incierto de estos riesgos requiere poner en marcha nuevas capacidades, así como desarrollar un enfoque *forward looking* que permita incorporar los riesgos asociados al cambio climático en todos los ámbitos de las instituciones. Para ello, y tal como plantea la NGFS, el fomento de la asistencia técnica y el intercambio de conocimientos permitirán entender mejor estos riesgos y afrontar los retos que supone el cambio climático.

NOTAS

(*) Las opiniones expresadas en el presente artículo son responsabilidad exclusiva de sus autoras y, por tanto, no necesariamente

coinciden con las del Banco de España o las del Eurosistema.

(1) La Agencia Internacional de la Energía estimaba en 2016 que sería necesaria una inversión bruta anual media de 3,5 billones de dólares durante el período 2016-2050. Por su parte, IRENA (Agencia Internacional de Energía Renovables) calcula que la inversión adicional, a la actual, tendría que ascender a lo largo del período 2015-2030 a 29 billones de dólares y la New Climate Economy Commission considera unas necesidades de inversión adicional de 4 billones para el período 2015-2030 (Climate Policy Initiative (CPI) *et al.*, 2016).

(2) Este epígrafe desarrolla los riesgos y las oportunidades se recogen en el epígrafe 1 de la sección tercera.

(3) Este artículo se centra en las implicaciones del cambio climático en bancos.

(4) Como menciona la NGFS (2019), algunos estudios estiman que la renta global media puede reducirse en un 25 por 100 hacia finales de siglo y una pérdida de valor de los activos en manos privadas también sustancial, pudiendo alcanzar la pérdida esperada entre siete y trece billones de dólares, dependiendo del grado de calentamiento que se alcance en 2100 (ver Economist Intelligence Unit, 2015). DIETZ *et al.* (2016) encuentran que en un escenario sin política de transición hacia una economía baja en carbono (escenario con un calentamiento del 2,5 °C), el valor en riesgo (VaR) esperado de los activos globales privados no bancarios que había en 2013 sería del 1,8 por 100, lo que equivale aproximadamente 2,5 billones de dólares, estando la mayor parte del riesgo en la cola, con un VaR en el percentil del 99 por 100 del 16,7 por 100 o 24,2 billones de dólares.

(5) Véase CLEARY *et al.* (2019) para un análisis de cómo se está afrontando en el sector asegurador. En Europa, EIOPA ya incluyó en su ejercicio de test de estrés de 2018 un escenario que reflejaba el riesgo de un aumento en la frecuencia de desastres naturales, en parte debido al cambio climático. Además, está realizando un seguimiento de las inversiones potencialmente afectadas y planea para 2020 realizar un análisis de sensibilidad de las inversiones de aseguradoras europeas a riesgos de transición (ver EIOPA 2018 y 2019).

(6) Al igual que la TCFD, varias instituciones como el Climate Disclosure Standards Board (CDSB) y el Sustainability Accounting Standards Board (SASB), xBRL Standard Board y UNEP Finance Initiative están emitiendo guías de implementación y realizando ejercicios pilotos.

(7) El apoyo a la TCFD cuenta con 930 empresas y otras organizaciones hasta diciembre de 2019. Entre ellas, 471 corresponden al sector financiero, de las cuales en España: Banco Santander, Bankia, Bankinter, BBVA,

BME, CaixaBank e Ibercaja Banco. Además, cinco gobiernos apoyan también el reporte TCFD (Bélgica, Canadá, Francia, Suecia y Reino Unido) y la NGFS promueve su utilización.

(8) UNEP son las iniciales de United Nations Environment Programme y es el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente creado en 1972. La iniciativa UNEP Finance Initiative se lanzó en 1992 y es la asociación entre UNEP y el sector financiero mundial para movilizar financiación por parte del sector privado para el desarrollo sostenible. A principios de 2020 cuenta con más de 300 socios (bancos, aseguradoras e inversores) y alrededor de cien instituciones de apoyo.

(9) También existen los Principios para la Inversión Responsable (PRI, por sus iniciales en inglés) establecidos en 2006 y los Principios para Seguros Sostenibles (PSI, por sus iniciales en inglés) creados en 2012.

(10) Los bancos españoles que han firmado estos principios: Abanca, Banco Sabadell, Bankia, BBVA, Caixabank, Kutxa, Santander.

(11) Entre los que se encuentran Abanca, BBVA, Bankia, Santander y CaixaBank.

(12) Véase <https://www.aebanca.es/noticias/notas-de-prensa/los-bancos-espanoles-acuerdan-reducir-la-huella-de-carbono-en-sus-balances-en-linea-con-el-acuerdo-de-paris/>

(13) Véase ALONSO y MARQUÉS (2019) para una descripción de nuevos productos financieros en este ámbito.

(14) Un bono verde es aquel cuyos fondos se destinan a financiar proyectos que guarden una relación directa con la sostenibilidad, la preservación de los medios naturales y la transición hacia una economía baja en carbono. Véase GONZÁLEZ y NÚÑEZ (2019) para un mayor detalle sobre las emisiones de bonos verdes y los estudios que han analizado la existencia o no de un *green premium*.

(15) El primer emisor soberano de un bono azul fue la República de las Seychelles en cuyo diseño contribuyó el Banco Mundial. Véase <https://www.weforum.org/agenda/2019/06/world-oceans-day-blue-bonds-can-help-guarantee-the-oceans-wealth/>

(16) Véase https://www.axa-im.es/content/-/asset_publisher/qxx90IkAqLWg/content/financing-brown-to-green-guidelines-for-transition-bonds/23818

(17) Para los bonos verdes, por ejemplo, existen los *Green Bond Principles* elaborados por ICMA en 2014 y los establecidos en *Climate Bond Initiative*. Algunas jurisdicciones, como China, han establecido sus propios estándares. Las agencias de *rating* también están elaborando criterios para valorar el grado «verde» de emisiones destinadas a proyectos potencialmente verdes.

(18) Ver nota de prensa https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_19_6691

(19) El término «finanzas sostenibles», según el Plan de Acción, se refiere, en general, al proceso de tener debidamente en cuenta las cuestiones ambientales y sociales en las decisiones de inversión, lo que se traduce en una mayor inversión en actividades sostenibles y a más largo plazo. Más concretamente, las consideraciones ambientales se refieren a la mitigación del cambio climático y la adaptación al mismo, así como al medio ambiente en general y los riesgos conexos (por ejemplo, las catástrofes naturales).

(20) En 2018, la Comisión Europea creó un Grupo Técnico de Expertos (Technical Expert Group on Sustainable Finance [TEG]) para dar soporte en cuatro áreas clave en el Plan de Acción: i) la taxonomía para determinar si una actividad es sostenible medioambientalmente; ii) una *EU Green Bond Standard*; iii) metodologías de desarrollo de índices climáticos de referencia; y iv) guía para la mejora de la información corporativa relacionada con el clima.

(21) A finales de diciembre se llegó a un acuerdo sobre la regulación de la taxonomía que comprende los criterios que determinan que una actividad económica sea medioambientalmente sostenible, basados en el trabajo del Grupo Técnico de Expertos. Véase nota de prensa, 18 de diciembre de 2019: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_19_6793

(22) Los documentos que forman parte del Marco Integrado de Energía y Clima se sometieron a consulta pública en abril de 2019 y se espera que se retome en la nueva legislatura.

(23) Para más detalles, véase MITECO (2019).

(24) El gran ausente, por el momento, es la Reserva Federal. No obstante, en una carta dirigida al senador B. Schaltz, J. Powell manifiesta que la Fed está utilizando la autoridad y herramientas a su alcance para preparar a las entidades financieras ante eventos climáticos importantes. Powell declara también que los riesgos climáticos no encajan bien en su actual marco de evaluación de la estabilidad financiera, dada su naturaleza y largo horizonte, por lo que en este aspecto se apoyan en las investigaciones en curso de académicos, de sus propios investigadores y de los expertos para entender y medir mejor los riesgos climáticos. Rusia y Arabia Saudí, tampoco se encuentran entre los miembros de la NGFS.

(25) El Banco de España también está llevando a cabo los trabajos necesarios para incorporar los aspectos climáticos en su análisis de evaluación de riesgos para el conjunto del sistema bancario y, en general, para incorporar todas las recomendaciones emitidas por la NGFS con relación a los bancos centrales. Véase Banco de España (2019).

(26) Ver discurso de L. DE GUINDOS (2019) en el que se menciona que el BCE también está

desarrollando el marco analítico que permita llevar a cabo una prueba de resistencia al sector bancario europeo.

(27) El Banco de España está incorporando la sostenibilidad medioambiental como un objetivo estratégico de la gestión de reservas, véase: <https://www.bde.es/f/webbde/GAP/Secciones/Sala-Prensa/IntervencionesPublicas/Subgobernador/Arc/Fic/delgado151119-2.pdf> El Banco de España también participa en el fondo de inversión integrado por bonos verdes lanzado por el Banco de Pagos Internacionales en septiembre de 2019. Véase https://www.bde.es/f/webbde/GAP/Secciones/SalaPrensa/NotasInformativas/19/presbe2019_59.pdf

(28) Con frecuencia, esta responsabilidad sobre la estabilidad financiera se comparte con el Gobierno y otros supervisores o con una autoridad independiente.

(29) Véase GONZÁLEZ y NÚÑEZ (2019) para un mayor detalle sobre la propuesta de introducir requerimientos de capital regulatorio diferenciado, tales como un *green supporting factor (GSF)* o un *brown penalizing factor (BPF)* y trabajos que argumentan a favor y en contra de cada uno de ellos.

(30) El caso del BCE es un ejemplo de banco central con crecimiento sostenible como objetivo secundario, y supeditado al de la estabilidad de precios. Así, el artículo 127.1 del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea establece: «El objetivo principal del Sistema Europeo de Bancos Centrales, denominado en lo sucesivo SEBC, será mantener la estabilidad de precios. *Sin perjuicio de este objetivo*, el SEBC apoyará las políticas económicas generales de la Unión con el fin de contribuir a la realización de los objetivos de la Unión establecidos en el artículo 3 del Tratado de la Unión Europea.» Por su parte, el artículo 3.3 del Tratado de la Unión «La Unión... Obrará *en pro del desarrollo sostenible* de Europa basado en un crecimiento económico equilibrado y en la estabilidad de los precios, en una economía social de mercado altamente competitiva, tendente al pleno empleo y al progreso social, y en un nivel elevado de protección y mejora de la calidad del medio ambiente...»

(31) En el ámbito europeo ha habido propuestas para que el BCE introduzca en sus programas de compras de bonos corporativos (el CSPP) criterios de financiación verde (lo que se ha venido en llamar *green QE*). Se alega que la cartera adquirida con el CSPP tiene como resultado un sesgo «marrón». Sin embargo, los bancos centrales, y en concreto los pertenecientes al eurosistema, no se muestran, hasta el momento, muy partidarios del *green QE*, así se han manifestado M. DRAGUI, J. WEIDMANN, B. COEURÉ, FRANÇOIS VILLEROY. En GONZÁLEZ y NÚÑEZ (2019) se puede encontrar un mayor detalle de los estudios que analizan estas opciones.

BIBLIOGRAFÍA

ACPR (2019). French banking groups facing climate change-related risks. *Analysis and synthesis*, 101-2019.

ALONSO, A y MARQUÉS SEVILLANO, J. M. (2019). Innovación financiera para una economía sostenible. *Documento Ocasional*, n.º 1916. Madrid: Banco de España.

AUTORIDAD BANCARIA EUROPEA (2019). *Risk Assessment Questionnaire – Summary of the Results*. Junio.

BANCO DE ESPAÑA (2019). El sistema financiero ante el cambio climático. Recuadro 3.1. *Informe de Estabilidad Financiera*. Otoño 2019. Madrid: Banco de España.

BANCO DE INGLATERRA (2018). Transition in thinking: The impact of climate change on the UK banking sector. *Banco de Inglaterra – Prudential Regulation Authority*, septiembre 2018.

— (2019). *Financial Stability Report July 2019*.

BANCO DE NORUEGA (2018). *Responsible investment. Government Pension Fund Global*.

BCE (2019a). Climate change and financial stability. *BCE Financial Stability Review*, mayo, pp. 120-233.

— (2019b). *BCE Banking Supervision – Risk Assessment for 2019*.

CARNEY, M. (2015). *Breaking the tragedy of the horizon – climate change and financial stability*. Banco de Inglaterra. Speech at Lloyd's of London. 29 September 2015.

CLEARY, P., HARDING, W., MCDANIELS, J., SVORONOS, J.-P. y YONG, J. (2009). Turning up the heat – climate risk assessment in the insurance sector. *FSI Insights on policy implementation*, n.º 20. Bank for International Settlements.

CLIMATE POLICY INITIATIVE et al. (2016). 2020: *The Climate Turning Point*. Climate Policy Initiative (CPI), Conservation International (CI), IRENA, The New Climate Economy (NCE) et al.

CENTRAL BANKING (2019). The calm before the Storm – The climate change

2019 survey. *Central Banking Focus Report*, pp. 76-87.

COMISIÓN EUROPEA (2018). Action Plan: Financing Sustainable Growth. *COM(2018) 97 final*.

COEURÉ, B. (2018). *Monetary policy and climate change, Conference on Scaling up Green Finance: The Role of Central Banks, Berlín, 8 de noviembre 2018*. Organizada por NGFS, Deutsche Bundesbank y Council on Economic Policies.

DAFERMOS, Y., NIKOLAIDI, M. y GALANIS, G. (2018). Climate Change, Financial Stability and Monetary Policy. *Ecological Economics*, 152, pp. 219-234.

DELGADO, M. (2019). Transición energética y estabilidad financiera. Implicaciones para las entidades de depósito españolas. *Revista de Estabilidad Financiera*, 37, pp. 10-43. Madrid: Banco de España.

DIKAU, S. y RYAN-COLLINS, J. (2017). *Green central banking in emerging market and developing country economies*. New Economics Foundation.

DIKAU, S. y VOLZ, U. (2018). Central Banking, Climate Change and Green Finance, *Working Paper*, n.º 867. Asian Development Bank Institute.

DRAGUI, M. (2018). *Carta del Presidente del BCE a diversos miembros del Parlamento Europeo*, junio. https://www.BCE.europa.eu/pub/pdf/other/BCE.mepletter180615_Tang-Gill-Fernandez.en.pdf

ECONOMIST INTELLIGENCE UNIT (2015). *The cost of inaction: Recognizing the value at risk from climate change*.

EIOPA (2018). *Financial Stability Report*. Diciembre.

— (2019). *Financial Stability Report*. Diciembre.

ESRB (2016). *Too Late, too sudden: Transition to a low-carbon economy and systemic risk*. Reports of the Advisory Scientific Committee n.º 6/febrero. European Systemic Risk Board.

FINANSINSPEKTIONEN (2016). *Climate change and financial stability*. Marzo.

G20 GFSG (Green Finance Study Group) (2016). *G-20 Green Finance Synthesis Report*, septiembre.

GONZÁLEZ, C. I. y NÚÑEZ, S. (2019). Mercados, entidades financieras y bancos centrales ante el cambio climático: retos y oportunidades. *Presupuesto y Gasto Público*, 97/2019.

GUINDOS, L. (2019). Implications of the transition to a low-carbon economy for the euro area financial system. Speech at the European Savings and Retail Banking Group Conference, *Creating sustainable financial structures by putting citizens first*. https://www.BCE.europa.eu/press/key/date/2019/html/BCE.sp191121_1~af63c4de7d.en.html

IPCC (2018). Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. [MASSON-DELMOTTE, V., P. ZHAI, H.-O. PÖRTNER, D. ROBERTS, J. SKEA, P. R. SHUKLA, et al. (eds.)]. Geneva (Switzerland): World Meteorological Organization. 32 p.

LAGARDE, C. (2019). Committee on Economic and Monetary Affairs Monetary Dialogue with Christine Lagarde, President of the European central Bank (pursuant to article 284(3) tfeu), Brussels Monday, 2 December 2019. https://www.BCE.europa.eu/press/key/date/2019/html/BCE.sp191202_transcript~d4f3a2cd06.mu.pdf

MCGLADE, C. y EKINS, P. (2015). The Geographical distribution of fossil fuels unused when limiting global warming to 2 °C. *Nature*, 517(7533), pp. 187-190.

MITECO (2019). *Marco Estratégico de Energía y Clima*. <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/participacion-publica/marco-estrategico-energia-y-clima.aspx>

NGFS (2018). *First Progress report*. Octubre.

<p>— (2019a). <i>First Comprehensive Report. A Call for action</i>. Abril.</p> <p>— (2019b). <i>A Sustainable and Responsible Investment Guide for Central Banks' Portfolio Management</i>. Octubre.</p> <p>OLIVER WYMAN y IACPM (2019). <i>Climate change. Managing a new financial risk</i>.</p> <p>PRICEWATERHOUSECOOPERS (PwC) y CENTRE FOR THE STUDY OF FINANCIAL INNOVATION (CSFI) (2017). <i>Insurance Banana Skins 2017</i>.</p> <p>REGELINK, M., REINDERS, H. J., VLEESCHOUWER, M. y VAN DE WIEL, I. (2017).</p>	<p><i>Waterproof? An exploration of climate-related risks for the Dutch financial sector</i>. De Nederlandsche Bank.</p> <p>SNB (2015). <i>Investment Policy Guidelines of the Swiss National Bank (SNB)</i>.</p> <p>TCFD (2017). Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures. <i>Task Force on Climate-related Financial Disclosures</i>. Junio.</p> <p>— (2019). TCFD: 2019 Status Report. <i>Task Force on Climate-related Financial Disclosures</i>. Junio.</p>	<p>VERMEULEN, R., SCHETS, E., LOHUIS, M. KOLBL, B. JANSEN, D. J. y HEERINGA, W. (2018). An energy transition risk stress test for the financial system of the Netherlands. <i>DNB Occasional Studies</i>, 16-7. De Nederlandsche Bank.</p> <p>VILLEROY, F. (2019). Climate change: central banks are taking action. <i>Financial Stability Review</i>, 23, June 2019. Banque de France.</p> <p>WEIDMANN, J. (2017). <i>Green bond issuance and other forms of low-carbon finance</i>. OMFIF Global Public Investor Symposium. Deutsche Bundesbank Eurosystem.</p>
---	--	---

COLABORACIONES

IV.
CIUDADES Y ACCIÓN CLIMÁTICA

Resumen

La movilidad urbana está experimentando importantes transformaciones en los últimos años debido a las nuevas tecnologías, los cambios demográficos y sociales, y el aumento de la urbanización. Sin embargo, la manera en la que nos desplazamos y movemos las mercancías en las ciudades sigue sin ser del todo sostenible: numerosas ciudades presentan niveles inaceptables de contaminación, las emisiones de CO₂ provenientes del transporte siguen aumentando y el espacio dedicado al coche continúa siendo desproporcionado. En el artículo se analiza la movilidad en las áreas metropolitanas españolas y su evolución en el tiempo, así como los gastos que realizan las familias en transporte, según la densidad de población de las ciudades. Además, se han recopilado algunas experiencias en el ámbito de la movilidad urbana que están siendo exitosas para la consecución de ciudades más sostenibles.

Palabras clave: patrones de movilidad, ciudades sostenibles, gastos de transporte por hogar.

Abstract

Urban mobility is experiencing major changes in recent years due to new technologies, demographic and social changes, and increasing urbanization. However, mobility of people and goods in most cities is still unsustainable: cities present unacceptable and unhealthy levels of pollution, CO₂ emissions from transport continue to increase and the space dedicated to the car remains unbalanced. The article analyses mobility in Spanish metropolitan areas and their evolution over time, as well as the expenses that families dedicate to transport, according to the population density of cities. In addition, some successful experiences in the field of sustainable urban mobility have been compiled.

Keywords: mobility patterns, sustainable cities, household transport expenditure.

JEL classification: Q01, Q55, Q56, R41.

EXPERIENCIAS PIONERAS HACIA UNA MOVILIDAD URBANA MÁS SOSTENIBLE

Rocío CASCAJO

INECO, Ingeniería y Economía del Transporte

I. INTRODUCCIÓN

Las ciudades son el corazón y el motor del desarrollo europeo, ya que concentran el 60 por 100 de la población y el 85 por 100 de la riqueza en Europa (Comisión Europea, 2007). En la actualidad, el 55 por 100 de la población mundial vive en áreas urbanas, y se estima que para 2050 aumente hasta el 68 por 100 (UN, 2018). Estas cifras son mucho mayores en España, que actualmente presenta un 82 por 100 de población urbana en una extensión que ocupa el 20,5 por 100 de la superficie total del país (Ministerio de Fomento, 2018). Este fenómeno es el resultado del éxodo rural, que está creando *macrociudades* muy difíciles de gestionar.

Al contrario de lo deseable –modelo de ciudad compacta y diversa, como la ciudad mediterránea tradicional– se está tendiendo a un crecimiento rápido y descontrolado que conlleva a desarrollos dispersos y difusos que tienden a aumentar las desigualdades sociales y provoca mayores efectos negativos sobre el medio ambiente, el clima y la salud de los ciudadanos. Este proceso, conocido como *expansión urbana* (*urban sprawl*, en inglés), aumenta la ocupación de espacio y el consumo de energía, y complica el suministro de todos los servicios y el acceso a las necesidades básicas (Audirac, 2005). En el ámbito de la movilidad, esta dispersión de activida-

des y residencias incita a realizar viajes más largos y dispersos, en los que el coche particular tiene un uso predominante, ya que en estas áreas el transporte público no es eficiente, por no ser capaz de atender a cada uno de estos nuevos desarrollos diseminados de una manera sostenible. Este uso indiscriminado del coche conlleva unos efectos negativos de sobra conocidos por todos: mayor consumo energético por pasajero transportado, más emisiones de CO₂ y de otros contaminantes atmosféricos, mayor consumo de espacio, más accidentes de tráfico, etc., que se concentran en las ciudades, lo que provoca una peor calidad de vida para sus habitantes.

Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en las ciudades causadas por la movilidad supone el 40,1 por 100 del total, computadas al transporte en su fase de desplazamiento, siendo esta cifra para el conjunto del país del 26 por 100 (Ministerio para la Transición Ecológica, 2019). Las seis grandes áreas metropolitanas españolas (1) acumulan el 44 por 100 de las emisiones de GEI del total de las asociadas a la movilidad urbana en España (Porto, Mateos y Sanz, 2016).

Además de estas emisiones, que no tienen efectos nocivos para la salud en las concentraciones que solemos respirar, pero sí para el medio ambiente, ya que contribuye al calentamiento global del planeta, hay otros ele-

mentos provenientes del transporte que afectan negativamente a la salud de las personas. Es el caso de los gases contaminantes, las partículas en suspensión, el ruido, la falta de espacios verdes y la falta de actividad física (IS-Global, 2019). En cuanto a las *emisiones de gases contaminantes*, los más perjudiciales para la salud son los óxidos de nitrógeno (NO_x). Se trata de gases tóxicos e irritantes, formados por NO_2 y NO . Un 70 por 100 proceden de los vehículos, sobre todo de los diésel (y cuanto más antiguos, más contaminantes). Afectan al sistema respiratorio—provocando asma y bronquitis—y pueden producir inflamación sistémica. Las *partículas* materiales que salen de los motores de combustión ($\text{PM}_{2.5}$ y PM_{10}) son un factor de riesgo para muchas enfermedades cardio y cerebrovasculares, respiratorias y cáncer de pulmón, entre otras. Cuanto más pequeñas son estas partículas, más fácilmente penetran en nuestro organismo. Las muertes prematuras estimadas por contaminación ambiental por partículas en España, para el año 2010, fueron de 14.042 (WHO y OEDC, 2015).

El *ruido* afecta a la salud hasta tal punto que la Organización Mundial de la Salud (OMS) clasifica el procedente del tráfico como el segundo factor medioambiental más perjudicial en Europa, detrás solo de la contaminación del aire. El tráfico rodado es la fuente de contaminación acústica más común tanto dentro como fuera de las ciudades, seguido de los trenes y los aviones. El exceso de ruido puede provocar trastornos del sueño, estrés, alteración de la conducta, hipertensión o enfermedades del corazón, entre otras. En España, el ruido proce-

dente el tráfico rodado produce más de 1.000 muertes prematuras al año (European Climate Foundation, 2018).

La *ocupación de espacio* de los modos de transporte en las ciudades es muy elevada, siendo el coche el modo que, con diferencia, más espacio consume: el espacio que ocupa un viaje diario medio del hogar al trabajo en coche es 90 veces mayor que el mismo viaje efectuado en metro, y 20 veces más que si se realiza en autobús o tranvía (Monzón *et al.*, 2006). Si hablamos del espacio que ocupan los coches cuando están aparcados, esto ya es más preocupante si se tiene en cuenta que, en España, los coches están de media aparcados el 97 por 100 del tiempo (Sanz, Vega y Mateos, 2014). Todo el espacio dedicado al coche hace que cada vez haya menos espacios verdes en las ciudades. Los estudios científicos asocian los espacios verdes—parques urbanos, jardines, calles arboladas o bosques, entre otros— a numerosos beneficios para la salud en personas adultas, como la reducción del estrés, el hecho de vivir más años o un mejor estado de salud general y mental.

Los *accidentes de tráfico* constituyen otro de los impactos negativos que se acentúan en las ciudades, debido a la gran concentración de tráfico rodado. En España, los accidentes en el ámbito urbano suponen el 63 por 100 del total de accidentes con víctimas y un 27 por 100 de los fallecidos, alcanzando un total de 489 personas fallecidas en 2018 (DGT, 2019). En cuanto al tipo de accidente, las colisiones entre dos o más vehículos son el 59 por 100 de los accidentes con víctimas, pero los atropellos al peatón son los que ocasionan

un mayor número de fallecidos (47 por 100), siendo el peatón el elemento más vulnerable de todos.

Todos estos problemas son comunes en la mayoría de las áreas metropolitanas españolas y, por tanto, resulta necesario replantear el modelo de desarrollo de las ciudades para asegurar unas condiciones de vida más sostenibles. Hay que intentar cambiar los paradigmas que sugieren que el crecimiento urbano es saludable por aquellos que señalan que «las ciudades densas aportan mayor eficiencia y calidad de vida que las ciudades dispersas». Debemos apostar por las ciudades no fragmentadas, en las que exista una mezcla de usos y una densidad suficiente que permitan realizar los desplazamientos a pie. Pero, además, las ciudades deben recuperar el espacio público para el ciudadano; un espacio cada vez más escaso porque ha sido invadido por el coche particular (generalmente aparcado), convirtiendo al ciudadano en peatón (Rueda, 2010). Tal como dice Robert Cervero, hay que construir ciudades para las personas teniendo en cuenta las *7 S de los futuros urbanos sostenibles*, en los que las ciudades promueven una movilidad basada en viajes cortos, modos lentos, viajes seguros, propulsión sostenible, movilidad compartida, inteligente y socialmente inclusiva (2) (Cervero, 2019).

Además de controlar la expansión de las ciudades y planificar conjuntamente el urbanismo y la movilidad, son necesarias otras actuaciones para conseguir una movilidad urbana sostenible, como son la restricción del uso del coche privado en los centros urbanos y el desarrollo de un transporte alternativo de calidad,

que pueda ser competitivo con el coche particular. Estos tres pilares son la base de una política de movilidad sostenible exitosa (UITP, 2001). En definitiva, conseguir un sistema de transporte urbano eficiente es un requisito fundamental para mejorar la calidad de vida y el desarrollo económico de los ciudadanos (Unión Europea, 2010).

Por otro lado, en este siglo XXI, denominado ya por algunos autores como el siglo de las ciudades, estamos asistiendo a un *cambio de paradigma de la movilidad*, en el que la ciudad debe compatibilizar el incremento de la demanda de movilidad con la necesidad de reducir los costes asociados a ella y hacer frente a los cambios sociales, tecnológicos y demográficos.

Es, por tanto, necesario planificar políticas de movilidad adaptadas a los nuevos retos que se presentan: retos medioambientales, tecnológicos, sociales y económicos, a la vez que es preciso garantizar el derecho a la movilidad como elemento que contribuye al bienestar, a la cohesión social, al crecimiento económico y a la creación de puestos de trabajo.

En las siguientes secciones se describen, en primer lugar, las tendencias que están cambiando las pautas de movilidad en las ciudades; en segundo lugar, se analiza la movilidad en las principales ciudades españolas a partir de una serie de datos y su evolución en el tiempo, así como los gastos asociados al transporte por familia y, por último, se expone la descripción de una serie de buenas prácticas en materia de movilidad, que están siendo exitosas para la consecución de ciudades más sostenibles.

II. NUEVAS TENDENCIAS DE MOVILIDAD EN LAS CIUDADES

En los últimos años se están identificando una serie de tendencias que están produciendo cambios en las pautas de movilidad de los ciudadanos.

Por un lado, y como se ha comentado anteriormente, el *aumento de la población urbana* está provocando que nuestras ciudades sean cada vez más grandes, y más dispersas, en las que cada vez se producen más desigualdades sociales y más impactos sobre el medio ambiente, el clima y la salud. La ciudad mediterránea tradicional, diversa y compacta, es el modelo que hay que seguir, aunque parece que la tendencia es ir en sentido contrario. En este sentido, la Agenda Urbana Española (Ministerio de Fomento, 2019), basándose en los criterios establecidos por la Agenda 2030, la Nueva Agenda Urbana de Naciones Unidas y la Agenda Urbana para la Unión Europea, establece el marco estratégico para orientar las políticas urbanas en España y apuesta por un modelo urbano equitativo, justo y sostenible. Entre sus objetivos estratégicos, los más importantes son *evitar la dispersión urbana y revitalizar la ciudad existente*, definiendo modelos urbanos que fomenten la densidad y garantizando la diversidad de usos; además, el objetivo *favorecer la proximidad y la movilidad sostenible* que, para conseguirlo, recoge una serie de líneas de actuación que fomentan un modelo urbano de usos mixtos, y otras que van encaminadas a potenciar los modos de transporte más sostenibles.

Por otro lado, están los *cambios demográficos y sociales*, li-

derados por el envejecimiento de la población y los nuevos estilos de vida, en los que la economía colaborativa o el individualismo son aspectos a tener en cuenta. En cuanto al envejecimiento de la población, este supone un reto para los planificadores de la movilidad, que deben tener en cuenta las necesidades de un colectivo cada vez más numeroso y que precisará de una serie de infraestructuras y servicios urbanos adecuados para su desplazamiento. El descenso continuado de las tasas de natalidad y el aumento de la esperanza de vida están transformando la forma de la pirámide de población en la mayoría de los países europeos (Eurostat, 2019). Según los datos que maneja el Instituto Nacional de Estadística (INE), en el año 2030, uno de cada cuatro españoles tendrá más de 65 años. Por lo general, el colectivo de la tercera edad utiliza menos el coche particular y tiene una mayor disposición a usar el transporte público, siempre que sea suficientemente accesible para ellos, y a caminar, por lo que esta es otra razón más por la que hay que diseñar ciudades para los peatones, con entornos amigables que favorezcan la movilidad a pie.

En el lado contrario se encuentran los jóvenes, cuyas prioridades también han cambiado y las nuevas tecnologías han tenido mucho que ver. Es la llamada *nueva cultura de los jóvenes*, quienes exploran nuevos modelos económicos de consumo colaborativo basados en compartir gastos accediendo a servicios de uso compartido, como es el caso de los vehículos compartidos (coches, motos, patinetes...); ya no necesitan tener un vehículo en propiedad, lo único que quieren es utilizarlo cuando y donde

ellos quieren. Esto es posible gracias al uso generalizado del móvil, que les permite gestionar la movilidad, estar informados en tiempo real, personalizar sus viajes y, en definitiva, les facilita sus desplazamientos diarios. Estas nuevas generaciones son, además, más exigentes en cuanto a seguridad vial y en aspectos medioambientales, estando muy concienciados de los impactos del transporte sobre el cambio climático y la calidad del aire, siendo uno de los grupos más convencidos del uso de coches híbridos o eléctricos.

Las nuevas tecnologías también han modificado los *hábitos de consumo* de la población, y están afectando de manera importante a la movilidad cotidiana en las ciudades. El comercio electrónico ha crecido mucho en los últimos años, lo que ha disparado los repartos de mercancías a domicilio. Ahora cada domicilio se convierte en un nuevo destino de la mercancía y los artículos entregados cada vez son más pequeños, lo que implica una disminución de la eficiencia de la distribución y un aumento de los costes. Los clientes demandan una inmediatez en la entrega de productos, obligando a las empresas a ser rápidas y a hacer paradas muy cortas de tiempo, incidiendo, a veces, en vehículos mal aparcados que afectan negativamente a la movilidad. Otro aspecto que está multiplicando la actividad de distribución son las entregas fallidas porque el cliente no se encuentra en su domicilio; se tiene que volver a realizar la entrega en una o varias ocasiones.

En este contexto cambiante y revolucionario de la movilidad urbana, con cambios en los modelos energéticos, restriccio-

nes a la circulación por motivos ambientales y mayor concienciación de la población, están surgiendo *nuevas formas de movilidad compartida (sharing)* que, a su vez, aumentan la oferta de servicios disponibles en las ciudades. Estos modelos se basan en un servicio de alquiler de vehículos (coches, motos, bicicletas y patinetes) por períodos cortos de tiempo, mediante una aplicación móvil. En un primer momento aparecieron los sistemas de bicicleta pública que, gracias a la buena acogida en algunas ciudades, empezó a crecer en ciudades más grandes y con más desnivel, que plantearon sistemas de bicicletas eléctricas (o con pedaleo asistido) para favorecer su uso (p. ej., Madrid). Más tarde, comenzaron a surgir otros modelos de movilidad. El *carsharing* es el modelo más extendido en las ciudades europeas, y se ofrecen en dos modalidades: el original (*round-trip*), que consiste en poder coger el vehículo en una base de alquiler concreta y devolverlo en el mismo punto; y el modelo flexible (*freefloating* o *one-way*), que permite coger y devolver el vehículo en cualquier punto de la vía pública, sin la necesidad de hacerlo en bases fijas de alquiler. Son una alternativa al coche privado que está resultando muy atractiva, especialmente entre los más jóvenes, ya que sus tarifas no muy elevadas resultan más económicas que tener un coche en propiedad. Además, otra característica que les otorga un interés especial es que la mayoría son vehículos eléctricos, o por lo menos de bajas emisiones, por lo que pueden utilizarse en los centros urbanos que tienen restringido el acceso a los vehículos más contaminantes. Sin embargo, estos sistemas, especialmente los vehículos de movilidad persona (VMP), como los

patinetes eléctricos, no han sido acogidos en todas las ciudades de la misma manera. Son «vehículos» que no están sometidos a las regulaciones de los automóviles a motor, a pesar de que algunos pueden alcanzar hasta los 70 kilómetros por hora, y han llenado nuestras calles antes de que existiera regulación alguna sobre ellos. La invasión de aceras y el elevado número de infracciones y accidentes en los que se han visto involucrados le otorgan un éxito, de momento, dudoso. En muchas ciudades españolas están retirando estos patinetes de sus calles, pues se instalan en pasos de cebra o itinerarios peatonales, impidiendo la accesibilidad de los viandantes (3). En general, existe un desconocimiento generalizado de los usuarios de estos sistemas de movilidad sobre normas de circulación y estacionamientos, pautas de protección y seguridad. Resulta, por tanto, necesario disponer de una normativa que regule su circulación, condiciones de uso y aseguramiento, de manera que se garantice la seguridad de todos los usuarios de los espacios urbanos (Asociación Española de la Carretera y Área de Prevención y Seguridad Vial de la Fundación MAPFRE, 2019).

Este nuevo ecosistema de soluciones de movilidad unido al uso creciente de aplicaciones móviles que permiten gestionar la movilidad debe aprovecharse para implementar soluciones *MaaS (Mobility as a Service)*, de *movilidad como servicio*, en las que se integran varios servicios de transporte en un único servicio de movilidad accesible a la demanda (MaaS Alliance, 2017), garantizando tres elementos fundamentales: un planificador del viaje, un eficaz mecanismo de reservas y un sistema fiable de

cobro/pago. Por lo general, existen dos modalidades de pago: método de pago por uso, o *pay as you go*, a través de la aplicación; o mediante prepago con una suscripción mensual, aplicando distintas tarifas según el paquete contratado por cada usuario. Estos paquetes pueden incluir usos ilimitados de todos los modos de transporte, o combinar el uso ilimitado del transporte público con un tiempo máximo de uso de *carsharing*, o taxi, etc. En aquellas ciudades donde *MaaS* ya funciona desde hace tiempo (Helsinki, con la plataforma *Whim*) está siendo un éxito absoluto, con un aumento del número de suscripciones y un cambio en las pautas de movilidad con menor uso de coche privado.

Por último, no se puede dejar de mencionar en este apartado de nuevas tendencias de movilidad en ciudades el desarrollo del *vehículo autónomo*. Aunque todavía no lo podemos ver circulando por nuestras calles ya está siendo objeto de pruebas en entornos controlados. Aún queda mucho camino por recorrer, ya que, de los seis niveles de automatización existentes (según la SAE, Society of Automobile Engineers), de 0 a 5, en la actualidad nos encontramos en el nivel 2, consistente en una automatización parcial de la conducción. Para alcanzar el nivel 5 de automatización completa son necesarios muchos requerimientos tecnológicos, tanto en el vehículo como en la infraestructura, y otros aspectos regulatorios, económicos y sociales (Jiménez, 2018). La conducción autónoma supondrá una revolución en la movilidad ya que, por un lado, va a permitir que personas que no conduzcan (por problemas físicos o de edad) puedan utilizar

estos vehículos de manera individual o compartida; por otro lado, no habrá que perder tiempo en buscar aparcamiento; además, se prevé una reducción de la accidentalidad debido a la eliminación de errores humanos por distracciones o cansancio. Esto en cuanto al coche autónomo, pero también habrá automatización del transporte público, con las consiguientes ventajas que supone: mayor seguridad, aumento de la frecuencia de paso, fiabilidad y puntualidad del servicio, potencial para reducir costes de personal, flexibilidad para cambiar las rutas y horarios, etc. (López-Lambas y Alonso, 2019).

III. LA MOVILIDAD URBANA EN ESPAÑA

Un sistema de transporte público moderno, integrado y multimodal constituye la columna vertebral de una movilidad urbana sostenible y eficiente. Por ello, para caracterizar la movilidad en las áreas metropolitanas españolas se va a partir de los datos que recoge el último informe del Observatorio de la Movilidad Metropolitana-OMM (Monzón *et al.*, 2019), y se va a completar con otras fuentes complementarias (DGT, INE, etc.).

El OMM es un instrumento de coordinación que queda reflejado en la Estrategia Española de Movilidad Sostenible para impulsar un transporte urbano sostenible. Se constituyó en el año 2003, impulsado por el Ministerio de Medio Ambiente, y en él participan los representantes de las autoridades de transporte público de 24 áreas metropolitanas españolas (que representan a más de la mitad de la población española), con el objeto de reflejar la contribución del transporte

público a la consecución de una movilidad más sostenible en las ciudades, lo que conlleva a una mejora de la calidad del aire y, en definitiva, a una mejor calidad de vida de los ciudadanos. Además de este ministerio, ahora llamado Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, representado a través de la Dirección General de Evaluación y Calidad Ambiental y del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), en el OMM participan activamente el Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana, mediante la Dirección General de Transporte Terrestre y Renfe, y el Ministerio del Interior, a través de la Dirección General de Tráfico.

A continuación, se presentan los principales indicadores que van a permitir caracterizar la movilidad en las principales áreas metropolitanas españolas (4).

1. Aspectos socioeconómicos

La forma en la que la población se distribuye en la ciudad afecta de manera importante a sus pautas de desplazamiento. Si se analiza la evolución de la distribución de la población en las áreas españolas en los últimos diez años se confirma lo comentado anteriormente sobre la expansión urbana: entre 2008 y 2017 la población en el conjunto de estas áreas analizadas ha aumentado un 4,2 por 100, siendo este aumento mucho mayor en las coronas metropolitanas (un 9,1 por 100, frente a un leve descenso del 0,4 por 100 en las ciudades), lo que implica que los viajes que se realicen sean más largos y dispersos, que se use más el coche, y que disminuya la eficiencia del transporte público.

CUADRO N.º 1

GASTO MEDIO ANUAL EN TRANSPORTE (POR SUBGRUPO DE GASTO*) Y PORCENTAJE DEL GASTO TOTAL DE LOS HOGARES ESPAÑOLES EN 2018 EN FUNCIÓN DE LA DENSIDAD DE POBLACIÓN

	CONJUNTO DE TODAS LAS ZONAS		ZONA DENSAMENTE POBLADA		ZONA DE DENSIDAD INTERMEDIA		ZONA DISEMINADA	
	Euros	Porcentaje de gasto total	Euros	Porcentaje de gasto total	Euros	Porcentaje de gasto total	Euros	Porcentaje de gasto total
Adquisición de vehículos	1.188,31	3,98	1.031,75	3,33	1.188,31	1.345,04	1.345,58	4,87
Utilización de vehículos personales	2.134,22	7,14	1.846,62	5,96	2.134,22	2.421,07	2.428,67	8,79
Servicios de transporte	467,68	1,57	622,77	2,01	467,68	388,57	237,62	0,86
TOTAL Transporte	3.790,21	12,69	3.500,92	11,30	3.790,21	4.154,97	4.012,99	14,52

Nota: *Dentro del Grupo de gasto 7, que contiene los gastos anuales de transporte, se incluyen tres subgrupos de gasto: adquisición (o compra) de vehículos, utilización de vehículos personales y servicios de transporte.

Fuente: Encuesta de presupuestos familiares 2018 (INE, 2019).

Otros factores que influyen en las pautas de movilidad y la capacidad de desplazamiento son el índice de motorización, la tasa de actividad o la renta disponible. El número de turismos por habitante en las ciudades suele ser menor que en las coronas metropolitanas, debido a la mayor densidad de las primeras y mayor oferta de servicios de transporte alternativos. Este valor se sitúa entre 350 y 580 turismos por 1.000 habitantes en las ciudades (en 2017), y se aprecia una leve disminución en estos últimos años (2008-2017), tal vez propiciado por el auge de los servicios de *carsharing* que, en muchos casos, han animado a muchos conductores a vender su coche particular y a otros a optar por no comprarse uno nuevo. En cuanto a la renta disponible, los datos de la *Encuesta de presupuestos familiares* para el año 2018 (INE, 2019), ponen de manifiesto que desde 2013, año con el gasto mínimo por hogar en transporte (3.120 euros), sigue aumentando el presupuesto que dedican los hogares al transporte. En 2018, este gasto medio por hogar fue de 3.790 euros, siendo menor en los hogares de zonas densa-

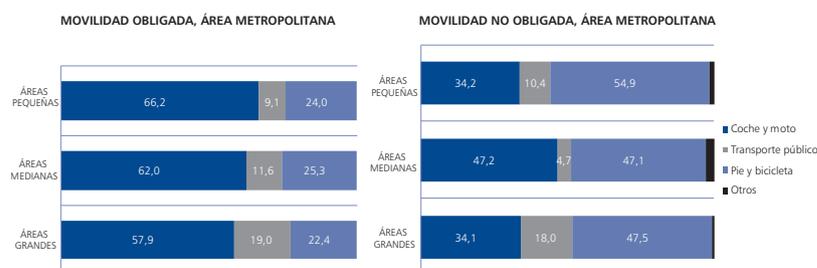
mente pobladas (3.500 euros) y mayor en las zonas de densidad intermedia y diseminadas (4.155 y 4.013 euros, respectivamente). Además, los datos indican que los hogares en áreas más densas dedican una parte del presupuesto menor a la adquisición y utilización de vehículos personales (coche, principalmente), y mayor a los servicios de transporte público (véase cuadro n.º 1). Todo esto confirma la mayor utilización del transporte público en zonas con elevada densidad de población y, por tanto, un mayor índice de sostenibilidad de estas ciudades (Alonso, Monzón y Cascajo, 2015).

2. Reparto modal

El uso de los diferentes modos de transporte en las áreas metropolitanas varía mucho según el motivo de viaje y el ámbito geográfico en el que se realiza. Así, en los viajes por motivo obligado (trabajo y estudios) predomina el uso del vehículo privado (63 por 100), mientras que los viajes por motivo distinto del trabajo son los modos no motorizados los más utilizados (51 por 100).

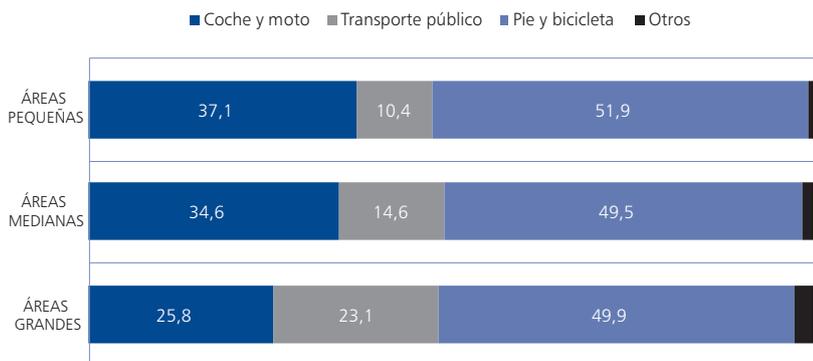
Si se compara el reparto modal medio de viajes en las ciudades con el reparto modal

GRÁFICO 1
REPARTO MODAL MEDIO POR MOTIVO Y TAMAÑO DE ÁREA
(En porcentaje)



Fuente: Informe OMM-2017 (Monzón et al., 2019).

GRÁFICO 2
REPARTO MODAL MEDIO EN EL INTERIOR DE LA CIUDAD,
SEGÚN TAMAÑO
(En porcentaje)



Fuente: Informe OMM-2017 (Monzón et al., 2019).

en las coronas metropolitanas se pone de manifiesto, una vez más, la mayor sostenibilidad de las áreas densas, en las que el reparto de los modos no motorizados alcanza un 50,4 por 100 de los desplazamientos, frente a un 25 por 100 en las coronas

metropolitanas. Hay que destacar el alto porcentaje de viajes que se realizan en modos no motorizados en las urbes españolas (gráfico 2), principalmente a pie, ya que la bicicleta solo tiene repartos significativos en algunas ciudades. Es una característica

de las ciudades mediterráneas que supone un gran activo para conseguir hábitos de movilidad sostenibles y que no debemos perder.

3. Demanda de transporte público

En el año 2017 se realizaron 3.622 millones de viajes en transporte público en las áreas analizadas: 1.835 millones en modos ferroviarios (5), 1.756 millones en autobús, 30 millones en bicicleta pública, y un millón en barco (6). Las áreas metropolitanas con más de un millón de habitantes son las que tienen un uso más importante del transporte público, presentando de media 127 viajes por persona y año, con un uso mayoritario de los modos ferroviarios, mientras que en las medianas y pequeñas esta cifra media se reduce a 60 viajes en transporte público por habitante y año, siendo el autobús el modo predominante.

GRÁFICO 3
EVOLUCIÓN DE LOS VIAJES EN TRANSPORTE PÚBLICO VS. VIAJES EN TRANSPORTE PÚBLICO PER CÁPITA EN SEIS
ÁREAS ESPAÑOLAS



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del OMM (2019).

GRÁFICO 4
EVOLUCIÓN DE LOS VIAJES EN AUTOBÚS PER CÁPITA VS. VIAJES EN MODOS FERROVIARIOS PER CÁPITA EN SEIS ÁREAS ESPAÑOLAS



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del OMM (2019).

La evolución de los viajes anuales en transporte público en las áreas metropolitanas españolas desde 2002 presenta varias fases bien diferenciadas: una primera fase de aumento constante de la demanda hasta 2007, con un crecimiento del 12,6 por 100, año en el que empieza la crisis económica, que afecta en gran medida a los viajes en transporte público; una segunda fase, desde 2007 hasta 2013, con un descenso de la demanda del 10,4 por 100, y una tercera fase, desde 2013, año en el que la demanda comienza a recuperarse, hasta 2017, con un aumento de los viajes en transporte público del 9,9 por 100.

Para ver realmente cómo varía el uso del transporte público a lo largo de los años, se va a analizar la demanda per cápita, es decir, el número de viajes en transporte público por habitante en una serie de áreas metropolitanas (7). Según el gráfico 3, el nivel de demanda en 2017 ha aumen-

tado en estas áreas un 11 por 100 respecto al año 2002; sin embargo, en relación a la población residente, esta demanda disminuye un 6 por 100 en el mismo período. En cuanto a la evolución de esta demanda per cápita en función del modo de transporte utilizado, el gráfico 4 pone de manifiesto el mejor desempeño de los modos ferroviarios, que han visto aumentada su demanda en un 5 por 100 en el período 2002-2017, mientras que el autobús la disminuye en un 18 por 100. La apuesta por los modos ferroviarios en las grandes ciudades, unido a la independencia de estos modos del tráfico rodado, está suponiendo una preferencia de los usuarios por estos modos para satisfacer sus necesidades diarias de movilidad.

IV. BUENAS PRÁCTICAS EN MOVILIDAD URBANA

Las entidades locales y autoridades de transporte público

están implementando diferentes medidas para conseguir ciudades sostenibles. En esta sección se describen algunas actuaciones exitosas en diferentes ciudades españolas que han permitido mejorar su movilidad urbana o paliar algunos de sus impactos más negativos. En algunos casos estas medidas han servido para modificar las pautas de movilidad de sus ciudadanos hacia patrones más sostenibles.

1. Planes de movilidad urbana sostenible: el caso de Vitoria

La ciudad de Vitoria-Gasteiz es un buen ejemplo en temas de movilidad sostenible, siendo merecedora de la distinción de Capital Verde Europea 2012 (8). Este galardón supone el máximo reconocimiento a más de treinta años de propuestas e iniciativas respetuosas con el medio ambiente y a un compromiso de

políticas de desarrollo sostenible. Esta ciudad de tamaño medio, con 250.000 habitantes concentrados en un área con un radio de 3 km, ha entendido desde un principio que la movilidad debía abordarse de manera integrada, donde la participación ciudadana cobraba un papel esencial. Fruto de varios procesos participativos surgió, en 2007, el Plan de Movilidad Sostenible y Espacio Público de Vitoria-Gasteiz (PMSEP), que perfila el desarrollo de un nuevo paradigma de movilidad en la ciudad. Los principales objetivos del plan eran invertir la tendencia al incremento en el uso del coche, potenciar las formas de movilidad sostenible (transporte público, bicicleta y peatonal), crear redes funcionales para peatones y ciclistas, y liberar espacio público del tráfico para recuperar un entorno urbano de calidad. El PMSEP se basó en un nuevo concepto, las supermanzanas, que consistían en una nueva jerarquización del viario y de las manzanas urbanas, favoreciendo el tránsito de modos más sostenibles y dejando espacio para otros usos. Aunque el horizonte temporal del PMSEP era 2023, en 2018 se hizo necesaria la revisión y actualización del mismo.

La evaluación del PMSEP es otro aspecto para destacar en el proceso de transparencia seguido en todo momento. Tal como plantean las Guías para la elaboración de Planes de Movilidad Urbana Sostenible española y europea (Monzón *et al.*, 2006; Rupperecht Consult, 2019) debe haber un proceso de seguimiento y evaluación continuos de la implementación de medidas, que pueden sugerir revisiones de objetivos y, cuando sea necesario, acciones correctoras. La evaluación del PMSEP sigue

una metodología concreta (9), es objetiva y exhaustiva, concretando grados de cumplimiento de los objetivos, así como costes asociados (Muñoz y Rondinella 2017). Dentro de las numerosas actuaciones llevadas a cabo durante estos diez años de vigencia del plan, se destaca la reestructuración de la red de autobuses llevada a cabo en octubre de 2009. Esta actuación no solo despunta por lo que ha supuesto en sí en cuanto a crecimiento de la demanda de transporte público (10), sino por lo que ha conllevado en cuanto a implicación y comunicación a la ciudadanía. Las campañas de comunicación fueron protagonizadas por los propios ciudadanos, quienes participaron en su diseño desde el principio. Además, en el ámbito de la información, un centenar de ciudadanos hicieron de voluntarios para explicar e informar sobre la nueva red de autobuses, consiguiendo que el cambio radical de la antigua red a la nueva se realizara con absoluta normalidad.

Estas y otras actuaciones incluidas en el PMSEP de Vitoria-Gasteiz hacen que su reparto modal de viajes sea envidiable: según datos de la *Encuesta de movilidad de 2014*, los desplazamientos a pie suponen el 54,4 por 100, los desplazamientos en bicicleta un 12,3 por 100, los viajes en coche alcanzan un 24,7 por 100 y en transporte público un 7,6 por 100. Todo esto con un aumento de los desplazamientos totales del 56,8 por 100 entre 2006 y 2014.

Vitoria-Gasteiz es un referente en movilidad sostenible que sigue trabajando por mejorar, por lo que ya ha redactado el Avance del Plan de Movilidad Sostenible y Espacio Público

2020-2030 que está siendo sometido en la actualidad a consulta de la ciudadanía y de los agentes sociales.

2. Peatonalización y medidas de calzado de tráfico: Pontevedra

Pontevedra ha experimentado uno de los mayores cambios en su movilidad de los que se conocen en nuestro país. Con una población de 82.800 habitantes (2018) y una densidad de 699,3 hab./km² ha pasado a tener un 70 por 100 menos de tráfico en su centro urbano en menos de 20 años (1996-2014), y un 30 por 100 menos en el conjunto de la ciudad. Esto supuso una mejora del 35 por 100 de la velocidad media de circulación, reduciendo un 78 por 100 el tiempo perdido en atascos. Como consecuencia de un menor uso del coche en la ciudad, se produjo una reducción del 65 por 100 en el consumo de combustibles (y en emisiones de CO₂), así como una disminución de las emisiones de óxidos de nitrógeno, incluyendo a Pontevedra en el 10 por 100 de municipios que cumplen los parámetros de NO_x de la Organización Mundial de la Salud (11).

Entre las medidas adoptadas destaca la implantación del límite máximo de 30 km/h para circular por todo el casco urbano, con zonas limitadas incluso a 20 km/h, en combinación con otras actuaciones, como la preferencia peatonal (Pons Seguridad Vial, 2015). Además, se pusieron en marcha otras medidas muy eficaces como la eliminación del estacionamiento regulado, que se sustituyó por el estacionamiento gratuito en el centro por tiempos cortos de 15 minutos, o grandes *parkings* gratuitos permanen-

tes en la periferia de la ciudad, a modo de aparcamientos de disuasión. En todo este proceso hay que destacar la labor de comunicar e involucrar al ciudadano en todas las iniciativas que le afectan, consiguiendo que los residentes entiendan por qué se hacen las cosas y cuáles son los beneficios asociados. Hoy en día, los pontevedreses son los primeros en defender que la ciudad es para los ciudadanos, y no para el coche.

3. Restricciones a vehículos más contaminantes

El aumento de la contaminación en los centros urbanos está obligando a las autoridades locales a poner en marcha ciertas medidas, entre ellas, la implantación de zonas de bajas emisiones o áreas en las que se restringe el acceso a los vehículos más contaminantes. Numerosas ciudades europeas tienen sus zonas de bajas emisiones, como es el caso de Londres, Bruselas o Berlín, aunque los enfoques, las restricciones y el control de acceso es diferente entre unas y otras (Amundsen y Sundvor, 2018). En España, la Dirección General de Tráfico (DGT) estableció hace unos años una clasificación de los vehículos en función de sus emisiones contaminantes (12). Este «etiquetaje ambiental» se está utilizando en algunas ciudades como llave para acceder a las zonas de bajas emisiones. Es el caso de Madrid y Barcelona, donde es obligatorio el uso de estas etiquetas para detectar si el vehículo puede acceder a determinadas zonas, o si puede circular por determinadas vías en períodos concretos.

El 1 de febrero de 2016 entró en vigor el protocolo de medidas

a adoptar durante episodios de alta contaminación por dióxido de nitrógeno en la ciudad de Madrid, modificado posteriormente por una actualización en 2018, que ya tiene en cuenta los distintivos ambientales de la DGT para su control. Este protocolo prohíbe el aparcamiento y la circulación a los vehículos más contaminantes cuando la concentración de NO₂ en el aire supera unos determinados límites. Además de este protocolo, en Madrid existe una zona de bajas emisiones llamada Madrid Central, puesta en marcha en noviembre de 2018 en un área de 4,72 km², en el marco del Plan A de Calidad del Aire y Cambio Climático del Ayuntamiento de la capital. Esta medida implica restricciones de tráfico a los vehículos más contaminantes, no pudiendo acceder los vehículos sin etiqueta y con etiquetas B y C a no ser que aparquen en un *parking* público o privado.

Por su parte, el Ayuntamiento de Barcelona puso en marcha el protocolo de episodios de contaminación atmosférica en diciembre de 2017, que supone restricciones a la circulación en la zona de bajas emisiones (ZBE) para los vehículos más contaminantes. Estas restricciones han sido temporales, ya que desde el 2 de enero de 2020 se crea la zona de Bajas Emisiones de Barcelona de manera permanente, con una superficie de 95 km², que restringe la circulación de los vehículos más contaminantes (de momento, los que no poseen etiqueta ambiental de la DGT). Para ofrecer un transporte alternativo, se ha creado un título de transporte especial para esos días, la T-aire, orientada específicamente para aquellos usuarios que decidan prescindir de su vehículo y desplazarse en

transporte público; permitirá dos viajes (ida y vuelta) a un 10 por 100 más barato que los habituales. Además, para incentivar la retirada de la circulación de los turismos más contaminantes (los que no tienen etiqueta ambiental) se ha creado la T-Verda, una tarjeta personal que permite la utilización del transporte público en las seis zonas de manera gratuita durante tres años para aquellos propietarios de los turismos sin etiqueta que decidan darlos de baja y desguazarlos, y que se comprometan a no adquirir un nuevo vehículo durante el período en el que la tarjeta esté en vigor.

Estas medidas, polémicas por su implantación, deben evaluar periódicamente su efectividad hacia una reducción de emisiones contaminantes. Una revisión realizada en varias ciudades europeas (Transport & Environment, 2019) muestra que las ZBE existentes son efectivas para reducir la contaminación del aire, aunque no son suficientes.

V. CONCLUSIONES

A lo largo del artículo se han cuantificado los impactos del transporte urbano y cómo en los últimos años se está haciendo imprescindible adoptar medidas que los minimicen para conseguir ciudades saludables, inclusivas y competitivas. Además, se han descrito las principales tendencias que están produciendo cambios en las pautas de comportamiento de los ciudadanos, y que están revolucionando la movilidad en todas sus facetas. Resulta, a su vez, una gran oportunidad para el cambio hacia unos patrones de movilidad más sostenible.

El análisis de la movilidad en las principales áreas metropolitanas españolas pone de manifiesto que cuanto más densa es la ciudad, más sostenible es su movilidad y menor es el gasto que dedican los hogares al transporte, por lo que es necesario planificar las ciudades definiendo modelos que fomenten la compacidad y garantizando la mezcla de usos. Este es uno de los aspectos prioritarios que hay que tener en cuenta, puesto que por mucha tecnología que haya, sin una planificación adecuada y coordinada del uso del suelo y transporte, seguiremos teniendo ciudades insostenibles.

La entrada en el mercado de nuevas formas de movilidad obliga a replantearse el reparto del espacio en las calles, dándole al peatón el sitio que se merece y sin olvidar que el transporte colectivo es el que mueve más pasajeros por hora, por lo que hay que darle prioridad absoluta frente al resto de modos motorizados, combinándolo cuando sea necesario con otros modos de transporte. Igualmente, la tecnología y la innovación son una oportunidad para modernizar los sistemas de transporte público, de manera que sean atractivos y competitivos frente al coche particular.

Las ciudades que están consiguiendo reducir los impactos negativos del transporte apuestan por la movilidad peatonal, por optimizar las redes de transporte público, por potenciar los desplazamientos en bicicleta, y por restringir la circulación de los coches en el centro urbano, especialmente a los más contaminantes. Las zonas de bajas emisiones deben convertirse gradualmente en zonas de cero emisiones y complementar con políticas que promuevan un cambio a alter-

nativas limpias, como caminar y andar en bicicleta, la electrificación de todos los modos, incluidos el transporte público, taxis, vehículos compartidos y privados, así como furgonetas de reparto.

Por último, el ejemplo de Vitoria-Gasteiz pone de manifiesto la importancia de la participación ciudadana en la planificación de la movilidad, así como la necesidad de comunicar de manera efectiva las medidas a implementar, exponiendo los problemas que hay que solucionar y los beneficios que se esperan tener; solo así se conseguirá la aceptación de estas actuaciones por parte de los ciudadanos y el éxito de las mismas.

NOTAS

(1) Madrid, Barcelona, Valencia, Sevilla, Málaga y Bilbao.

(2) *7 S's of Sustainable Urbana Futures: Short distance travel, Slow modes, Safe, Sustainable (green) propulsion, Shared, Smart and Social inclusive.*

(3) Noticia del 19/11/2019: https://sevilla.abc.es/sevilla/sevi-ayuntamiento-sevilla-retira-y-denuncia-mas-170-patinetes-electricos-alquiler-201911190729_noticia.html

(4) Áreas consideradas en el estudio: Madrid, Barcelona, Valencia, Área de Sevilla, Bizkaia, Asturias, Área de Málaga, Mallorca, Área de Zaragoza, Bahía de Cádiz, Gipuzkoa, Camp de Tarragona, Alicante, Área de Granada, Área de Almería, Comarca de Pamplona, Campo de Gibraltar, Área de Lleida, Jaén, León y Cáceres.

(5) Metro, tranvía, metro ligero, cercanías de ancho métrico y ancho ibérico, y ferrocarriles autonómicos.

(6) Se corresponden con los servicios de pasajes de Bizkaia y de lanchas de la Bahía de Cádiz, integrados en la red de transporte metropolitana de ambas áreas metropolitanas.

(7) Madrid, Barcelona, Valencia, Sevilla, Málaga y Granada.

(8) <https://ec.europa.eu/environment/europeangreencapital/winning-cities/2012-vitoria-gasteiz/>

(9) Metodología propuesta en la guía *CHALLENGE Monitoring and Evaluation Manual: Assessing the impact of measures and evaluating mobility planning processes.*

(10) De una media de 54 viajes en transporte público por año y habitante de 2008 se pasa a un valor de 87 en 2015.

(11) La OMS establece un nivel máximo de NO_x de 40 mcg/m^3 , mientras que Pontevedra alcanza los 21 mcg/m^3 .

(12) Esta categorización tiene su origen en el Plan Nacional de Calidad del Aire y Protección de la Atmósfera 2013-2016 (Plan Aire) en el que se afirma que tanto las partículas como el dióxido de nitrógeno tienen en el tráfico rodado la principal fuente de emisión en las grandes ciudades y propone la clasificación de los vehículos en función de los niveles de contaminación que emiten.

BIBLIOGRAFÍA

ALONSO, A., MONZÓN, A. y CASCAJO, R. (2015). Comparative analysis of passenger transport sustainability in European cities. *Ecol. Indic.* 48, pp. 578-592.

AMUNDSEN, A. H. y SUNDVOR, I. (2018). Low Emission Zones in Europe: Requirement, Enforcement and Air Quality. *TOI Report*, 1666/2018.

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE LA CARRETERA Y ÁREA DE PREVENCIÓN Y SEGURIDAD VIAL DE LA FUNDACIÓN MAPFRE (2019). *Nuevos sistemas de movilidad personal en la ciudad y sus problemas asociados con la seguridad vial*. Madrid: Fundación Mapfre.

AUDIRAC, I. (2005). Information Technology and Urban Form: Challenges to Smart Growth. *International Regional Science Review*, 28, pp. 119-45.

CERVERO, R. (2019). Urban Planning for Sustainable Mobility: Cities for People & Places. Ponencia en el *Sustainable Urban Mobility Congress*. 20-21 febrero 2019, Bilbao.

COMISIÓN EUROPEA (2007). Libro Verde – Hacia una nueva cultura de la movilidad urbana. *COM/2007/551 final*. Bruselas.

DGT (2019). *Tablas Estadísticas. Accidentes con víctimas, fallecidos 30 días, heridos graves y leves*. Disponible en: <http://www.dgt.>

<p>es/es/seguridad-vial/estadisticas-es-indicadores/accidentes-30dias/tablas-estadisticas/2018. [Consultado el 11 de noviembre de 2019].</p> <p>EUROPEAN CLIMATE FOUNDATION (2018). <i>Repotando hacia el futuro. Cómo propulsar la economía dejando atrás el carbono</i>. Disponible en: www.camecon.com/how/our-work/fuelling-spains-future/</p> <p>EUROSTAT (2019). <i>Population structure and ageing</i>. Disponible en: EUROSTAT https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Population_structure_and_ageing. [Consultado el 7 de noviembre de 2019].</p> <p>INE – Instituto Nacional de Estadística (2019). <i>Encuesta de presupuestos familiares. Año 2018</i>. Disponible en: INE https://www.ine.es/dyngs/INEbase/ [Consultado el 15 de septiembre de 2019].</p> <p>ISGLOBAL (2019). <i>CiudadesQueQueremos</i>. https://www.isglobal.org/es/ciudadesquequeremos [Consultado el 19 de noviembre de 2019].</p> <p>JIMÉNEZ, F. (2018). Aplicaciones especiales de la conducción autónoma. <i>Revista Obras Públicas: Órgano profesional de los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos</i> (3604), pp. 76-82.</p> <p>LÓPEZ-LAMBAS, M. E. y ALONSO, A. (2019). The driverless bus: an analysis of public perceptions and acceptability. <i>Sustainability</i>, 11, p. 4986.</p> <p>MAAS ALLIANCE (2017). <i>White Paper. Guidelines & Recommendations to create the foundations for a thriving MaaS Ecosystem</i>. Brussels: MaaS Alliance.</p>	<p>MINISTERIO DE FOMENTO (2018). <i>Áreas urbanas en España 2018. 40 años de las ciudades españolas</i>. DG de Arquitectura, Vivienda y Suelo; SG de Suelo, Información y Evaluación.</p> <p>— (2019). <i>Agenda Urbana Española 2019</i>. Centro de publicaciones. Secretaría General Técnica. Ministerio de Fomento.</p> <p>MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA (2019). <i>Informe de Inventario Nacional. Gases de Efecto Invernadero. Serie 1990-2017</i>. Ministerio para la Transición Ecológica.</p> <p>MONZÓN, A., CASCAJO, R., MADRIGAL, E. y LÓPEZ, C. (2006). <i>PMUS: Guía práctica para la elaboración e implantación de planes de movilidad urbana sostenible</i>. Madrid: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, IDAE.</p> <p>MONZÓN, A., CASCAJO, R., ROMERO, C., CALZADO, R. y LÓPEZ, C. (2019). <i>Informe 2017 del Observatorio de la Movilidad Metropolitana</i>. Ministerio para la Transición Ecológica.</p> <p>MUÑOZ, B. y RONDINELLA, G. (2017). <i>Informe de Evaluación del Plan de Movilidad Sostenible y Espacio Público y del Plan Director de Movilidad Ciclista de Vitoria-Gasteiz</i>. Centro de Estudios Ambientales. Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz (España).</p> <p>OMM (2019). <i>Observatorio de la Movilidad Metropolitana</i>. Disponible en: http://www.observatoriomovilidad.es [Consultado el 23 de noviembre de 2019].</p> <p>PONS SEGURIDAD VIAL (2015). <i>Pontevedra. Otra movilidad, otra ciudad</i>. Pons Editorial.</p>	<p>PORTO, M., MATEOS, M. y SANZ, A. (2016). <i>El transporte en las ciudades. Un motor sin freno del cambio climático. Informe Técnico</i>. Grupo de Estudios y Alternativas GEA 21.</p> <p>RUEDA, S. (2010). <i>Urbanismo ecológico</i>. Conferencia de la Cátedra Municipios Sostenibles de la Universidad Politécnica de Valencia. 21 de octubre de 2010, Valencia.</p> <p>RUPPRECHT CONSULT (2019). <i>Guidelines for Developing and Implementing a Sustainable Urban Mobility Plan</i>. Second Edition.</p> <p>SANZ, A., VEGA, P. y MATEOS, M. (2014). <i>Las cuentas ecológicas del transporte</i>. Ecologistas en Acción y Grupo de Estudios y Alternativas 21, S.L.</p> <p>TRANSPORT & ENVIRONMENT (2019). <i>Low-Emission Zones are a success - but they must now move to zero-emission mobility</i>. Disponible en: https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/2019_09_Briefing_LEZ-ZEZ_final.pdf</p> <p>UITP (2001). <i>Better mobility urban areas</i>. International Association of Public Transport. Brussels.</p> <p>UN (2018). <i>World Urbanization Prospects: The 2018 Revision</i>.</p> <p>UNIÓN EUROPEA (2010). <i>Making Our Cities Attractive and Sustainable</i>. Luxembourg: Publications Office of the European Union.</p> <p>WHO REGIONAL OFFICE FOR EUROPE, OECD (2015). <i>Economic cost of the health impact of air pollution in Europe: Clean air, health and wealth</i>. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.</p>
--	--	---

Resumen

Tras el Acuerdo de París y la incorporación de los compromisos nacionales en adaptación, la medición del progreso de esta última forma una importante parte de la agenda internacional en política climática. Mediante la monitorización de la adaptación, instituciones públicas y privadas pueden distribuir y priorizar sus inversiones de forma efectiva, evaluar la consecución de objetivos y desarrollar procesos de aprendizaje. En este artículo revisamos el progreso de la adaptación en 54 ciudades que representan el 17 por 100 de la población española. Hemos identificado once planes de adaptación al cambio climático, relativamente recientes. Hemos evaluado el proceso de planificación, identificando fortalezas, áreas de mejora y oportunidades. Los resultados proporcionan información relevante para procesos locales en estas ciudades, también sirviendo de ejemplo para otras urbes. Igualmente, este análisis puede ser utilizado a escalas superiores para identificar áreas de actuación prioritarias con el fin de cubrir necesidades de financiación o capacitación.

Palabras clave: resiliencia urbana, ciudades, adaptación al cambio climático, credibilidad, indicadores de adaptación, gobernanza.

Abstract

After the Paris Agreement and the incorporation of national commitments in adaptation, the measurement of progress in adaptation has become an important part of the international climate policy agenda. Monitoring the progress of adaptation provides relevant information for public and private institutions to strengthen strategies, effectively distribute and prioritise their investments, assess the achievement of established objectives and develop learning processes. In this article we review the progress of climate change adaptation planning in 54 provincial capital cities. We have identified 11 relatively recent climate adaptation plans. We have evaluated the progress in adaptation planning, identifying the strengths, areas for improvement and opportunities for each city. The results provide information relevant to support planning processes in these cities as well as serve as example to others. The results can also be used at upper policy scales to identify priority areas that require funding or capacity building.

Keywords: urban resilience, cities, climate change adaptation, credibility, adaptation tracking, governance.

JEL classification: Q51, Q54, Q56.

¿ESTÁN LAS CIUDADES ESPAÑOLAS ADAPTÁNDOSE AL CAMBIO CLIMÁTICO?

Elisa SAINZ DE MURIETA (*)

Marta OLAZABAL

Estíbaliz SANZ

Basque Centre for Climate Change (BC3)

I. INTRODUCCIÓN

EXISTE un consenso general de que hacer frente al cambio climático requiere la combinación de estrategias de mitigación y adaptación (IPCC, 2014). El papel fundamental de la adaptación para responder al reto del cambio climático se reconoció de forma explícita en el Acuerdo de París, que en su artículo 7.1 incluye la necesidad de establecer «un objetivo mundial relativo a la adaptación» (UNFCCC, 2015). Sin embargo, el proceso hacia la consecución de este objetivo global presenta, al menos, tres dificultades importantes: definir el objetivo de adaptación global en sí mismo, lidiar con las barreras políticas y establecer criterios para su seguimiento y medición (Magnan y Ribera, 2016).

Ante estas dificultades, para la medición y seguimiento del progreso en materia de adaptación es necesario el desarrollo de marcos, métodos y herramientas específicos (Ford y King, 2015). La vaguedad del concepto de adaptación en sí, se extiende a múltiples niveles y escalas de decisión, afectando, a su vez, a responsables con diferentes valores y percepciones (Hinkel, 2011). Esto implica la necesidad de trabajar con definiciones consensuadas, indicadores y líneas de base comparables,

marcos y metodologías comunes y enfoques sistemáticos para la recopilación de datos (Araos *et al.*, 2016; Ford y King, 2015; Olazabal *et al.*, 2019b; Tompkins *et al.*, 2018). Además de las dificultades ya mencionadas, existen problemas adicionales relacionados con la propia naturaleza de los impactos del cambio climático y la adaptación a los mismos (Craft y Fisher, 2016): i) los horizontes temporales a largo plazo; ii) la incertidumbre en torno a las proyecciones climáticas, así como el tiempo, la frecuencia y la intensidad de los impactos; iii) las líneas de base, que pueden cambiar en el tiempo; y iv) la naturaleza intersectorial de la adaptación.

Existen cada vez más estudios que analizan el progreso de la adaptación en diferentes contextos de gobernanza. En general, son estudios que abordan el reto de medir el progreso en materia de adaptación con objetivos y enfoques diversos, y también a diferentes escalas. Algunos de estos estudios son de carácter conceptual y tienen como objetivo reflexionar y desarrollar marcos metodológicos para medir el progreso hacia un objetivo de adaptación global. Ford y Berrang-Ford (2016) por ejemplo, proponen cuatro principios que deben considerarse en el seguimiento de las políticas de adaptación: i) consistencia en

el uso de los conceptos sobre la adaptación al cambio climático; ii) coherencia en la definición de las acciones de adaptación y lo que realmente constituyen estas medidas; iii) comparabilidad, centrando el análisis en unidades que sean comparables; y iv) exhaustividad, a través del uso y desarrollo de bases de datos sobre acciones de adaptación que sean exhaustivas. Berrang-Ford *et al.* (2019) establecen un marco general de evaluación y monitorización de las políticas e iniciativas de adaptación por parte de gobiernos públicos, en el que se enfatiza la necesidad de evaluar tanto el proceso como los resultados directos y la consecución de los objetivos globales de la adaptación a través de esos resultados.

Hasta hace poco, la mayoría de los trabajos empíricos para evaluar el progreso de la adaptación, se han realizado a escala nacional. Lesnikowski *et al.* (2016), por ejemplo, se centran en la evolución de las políticas de adaptación en 41 países entre 2010 y 2014. En otras ocasiones, los estudios abordan sectores específicos, como Lesnikowski *et al.* (2011), que evalúan las políticas de adaptación a los impactos del cambio climático en la salud contenidas en las Partes del Anexo I de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (UNFCCC), o Kamperman y Biesbroek (2017) que analizan las políticas de adaptación de las Juntas Holandesas del Agua.

A partir del Acuerdo de París, se reconoce, en mayor medida, el papel de los actores no estatales, tales como ciudades, gobiernos regionales, empresas y organismos no gubernamentales, en la política climática (Hale, 2016;

Sainz de Murieta, Galarraga y Sanz, 2018). Debido a la naturaleza local de los impactos del cambio climático, considerar e involucrar a distintos niveles de gobernanza en el desarrollo e implementación de las políticas de adaptación resulta especialmente relevante. Por ejemplo, los gobiernos regionales tienen un papel cada vez más activo en las políticas climáticas en todo el mundo, ya que a menudo están a cargo de muchas políticas sectoriales como el medio ambiente, el transporte, la industria, la salud, la energía, la educación y otras que son pilares centrales de políticas climáticas (Galarraga, Sainz de Murieta y França, 2017). Con respecto a la adaptación, Ribeiro *et al.* (2013) presentan un inventario de las estrategias de adaptación desarrolladas por diversas regiones europeas.

A escala urbana, ciudades pioneras como Londres (Reino Unido) y Durban (Sudáfrica) comenzaron, ya en 2006, a integrar el cambio climático en sus políticas y planes para preparar sus infraestructuras, comunidades, ecosistemas e instituciones a los principales impactos climáticos. Desde entonces, ciudades grandes y pequeñas en todo el mundo han seguido su ejemplo. Se han creado importantes redes de ciudades a nivel mundial y regional para promover acciones contra el cambio climático (por ejemplo, C40 Cities [1]) y se han firmado compromisos globales, como el Pacto Global de Alcaldes por el Clima y la Energía (2). Un buen ejemplo de medición del progreso de adaptación a escala urbana se puede encontrar en Araos *et al.* (2016), que llevaron a cabo una revisión sistemática de los planes locales de adaptación en 400 aglomeraciones urbanas de

más de un millón de habitantes. En su análisis detectaron que solo el 20 por 100 de las ciudades tenía algún plan de adaptación en curso, la mayoría de éstos en países desarrollados, aunque muchas están desarrollando sus planes. Otro estudio reciente a gran escala analizó 885 ciudades europeas, donde solo el 47 por 100 tiene planes de adaptación establecidos (Reckien *et al.*, 2018), bien sean exclusivos sobre adaptación (26 por 100) o en combinación con medidas de mitigación. Olazabal *et al.* (2019b) evalúan la planificación de la adaptación en 136 ciudades costeras en el mundo e identifican un desequilibrio significativo entre países desarrollados y en desarrollo, así como una falta clara de implementación de estas políticas. Este estudio, además, muestra que el uso de la información climática en las políticas locales actuales es aún limitado. En algunos casos, las instituciones locales no generan la información climática necesaria o carecen de la capacidad para hacerlo; en otros casos esa información existe, pero no es directamente utilizada en la toma de decisiones (Olazabal *et al.*, 2019b). Otros estudios comparativos desarrollados en Canadá, Estados Unidos, Italia y el Reino Unido (Georgeson *et al.*, 2016; Heidrich *et al.*, 2013; Olazabal *et al.*, 2014; Pietrapertosa *et al.*, 2018; Woodruff y Stults, 2016) concluyen que, aunque existen diferencias entre países y se observa un aumento en el número de planes desarrollados en los últimos años (Olazabal *et al.*, 2019b; Reckien *et al.*, 2018), la planificación en materia de adaptación es aún incipiente en comparación con las políticas de reducción de emisiones. Este es el caso también de las ciudades españolas, cuyas políticas

de adaptación se han acelerado en los últimos años (Olazabal *et al.*, 2014), impulsadas en gran medida por iniciativas como el Pacto de Alcaldes por el Clima y la Energía (De Gregorio *et al.*, 2014), aunque su desarrollo está lejos aún del que han tenido las políticas locales de mitigación. En cualquier caso, además de conocer si las ciudades están o no planificando la adaptación al cambio climático, resulta necesario comprender el contenido y alcance de estos planes, así como su efectividad potencial.

El objetivo de este estudio es analizar el avance de la planificación en materia de adaptación al cambio climático en las principales ciudades españolas, a través de la evaluación de sus políticas de adaptación. Para ello, se ha utilizado la metodología desarrollada por Olazabal *et al.* (2019) que permite la evaluación del alcance y viabilidad

potenciales de la planificación local de la adaptación a través del análisis de la credibilidad de los planes locales de adaptación. Esta herramienta ha sido testada previamente en cuatro ciudades pioneras en adaptación (Durban, Copenhague, Quito y Vancouver), y también está siendo utilizada por gobiernos miembros de la red Regions4 (3) para la evaluación del progreso en la planificación de la adaptación e identificación de las áreas de mejora de cara a la revisión de las estrategias existentes, como herramienta *ex post*.

El presente documento se estructura de la siguiente forma: en la segunda sección se muestran las ciudades y planes analizados, así como las principales características de la metodología de evaluación utilizada. La sección tercera presenta los resultados de la evaluación y la discusión de los mismos. Por último, la sección

cuarta, recoge las principales conclusiones del estudio, así como algunas recomendaciones finales.

II. METODOLOGÍA

1. Selección y muestra de ciudades y políticas de adaptación analizadas

La muestra inicial de ciudades estaba formada por las diecisiete capitales de comunidad autónoma y las dos ciudades autónomas, con el objetivo de obtener una muestra representativa de la diversidad geográfica, cultural y social de las ciudades españolas. No obstante, en el momento de la recogida de datos, únicamente seis de estas capitales contaban con documentos de planificación climática que incluyera medidas de adaptación, por lo que se amplió la muestra a la totalidad de las 52 capitales de provincia y dos ciudades autónomas, identi-

CUADRO N.º 1

CIUDADES Y PLANES ANALIZADOS

CIUDADES ANALIZADAS	PLANES CLIMÁTICOS QUE INCORPORAN LA ADAPTACIÓN	AÑO	VIGENCIA PLAN	PACTO DE LOS ALCALDES	RECC*
Barcelona	Plan Clima de Barcelona	2018	2018-2030	M&A (2008)	2005
Córdoba	Proyecto de Plan Estratégico Municipal de Adaptación al Cambio Climático de Córdoba	2018	2019-2030	M (2009)	2009
Donostia-San Sebastián	Plan de Adaptación al Cambio Climático de Donostia-San Sebastián	2011	No especifica	M&A (2008)	2005
Girona	Plan Clima y Energía de Girona	2017	2017-2030	M (2008)	2005
Guadalajara	Estrategia de Adaptación al Cambio Climático de Guadalajara	2018	2018-2030	M&A (2017)	2007
Lleida	Plan de Adaptación al Cambio Climático de Lleida	2015	2015-2030	M&A (2009)	-
Madrid	Plan de Calidad de Aire de la ciudad de Madrid y Cambio Climático (PLAN A)	2017	2017-2030	M&A (2008)	2005
Murcia	Plan de Adaptación al Cambio Climático del Municipio de Murcia a 2030	2018	2018-2030	M&A (2008)	2005
Vitoria-Gasteiz	Plan de Adaptación al Cambio Climático de Vitoria Gasteiz (Fase I)	2017	2017-2030	M&A (2008)	2005
Valencia	Plan de Adaptación al Cambio Climático de Valencia	2017	2017-2050	M&A (2009)	2008
Zaragoza	Estrategia de Cambio Climático, Salud y Calidad del Aire de Zaragoza (ECAZ3.0)	2019	2019-2030	M&A (2011)	2011

* Red Española de Ciudades por el Clima.

Fuente: Elaboración propia.

ficando esta vez once políticas de la adaptación, la mayoría de ellas (9) desarrolladas en los últimos tres años. Las once ciudades con políticas de adaptación suman una población de 7,9 millones de personas, más de la mitad de la población (53 por 100) en las 54 capitales consideradas, y el 17 por 100 de la población total del estado.

Las políticas de adaptación locales se instrumentalizan de forma diversa a nivel local (véase cuadro n.º 1). En este estudio, nos hemos centrado en revisar planes locales de adaptación o planes climáticos locales en cuyo alcance se incluyen objetivos y medidas de adaptación. Así, algunas ciudades regulan la adaptación en un plan o estrategia de adaptación específico como Córdoba, Donostia-San Sebastián, Guadalajara, Lleida, Murcia, Valencia y Vitoria. Sin embargo, otras ciudades como Madrid y Barcelona integran la adaptación en planes climáticos más generales, que también incluyen políticas de reducción de emisiones o calidad del aire. Por su parte, todas las ciudades, excepto Lleida, forman parte de la Red Española de Ciudades por el Clima y nueve de ellas se han adherido a la iniciativa internacional del Pacto de Alcaldes por el Clima y la Energía, como se puede ver en el cuadro n.º 1.

En cuanto a la existencia de planes de adaptación, destaca Cataluña, donde tres de las cuatro capitales de provincia disponen de políticas de adaptación en vigor, así como las comunidades uniprovinciales de Madrid y Murcia, que también cuentan con su propia planificación. En la Comunidad Autónoma del País Vasco, dos de sus tres ciudades principales, Donostia-San Sebastián y Vitoria-Gasteiz, cuentan con

su propia regulación de la adaptación. En cada una de las comunidades autónomas de Andalucía (Córdoba), Aragón (Zaragoza), Castilla-La Mancha (Guadalajara) y la Comunidad Valenciana se ha identificado una ciudad que tiene políticas de adaptación en vigor. Por último, ninguna de las capitales de provincia en las comunidades autónomas de Asturias, Baleares, Canarias, Castilla y León, Extremadura, Galicia y Navarra cuenta con algún documento de planificación de la adaptación.

2. Metodología para el análisis de la credibilidad de las políticas locales de adaptación

El concepto de credibilidad fue utilizado por primera vez en un contexto de política climática en un estudio que evalúa los compromisos de mitigación después del Acuerdo de París (Averchenkova y Bassi, 2016). En este estudio, las autoras definen la credibilidad como la «probabilidad de que los formuladores de políticas cumplan sus promesas de implementar los compromisos presentados» y argumentan que la credibilidad, en el contexto de los acuerdos internacionales es crucial «para generar confianza entre las partes negociadoras, ya que esto ayudará a aumentar la ambición de las promesas en el tiempo». Además, afirman que la credibilidad de las partes es esencial para generar el flujo necesario de financiación climática de los sectores público y privado, a diferentes niveles de gobernanza (nacional, regional y local).

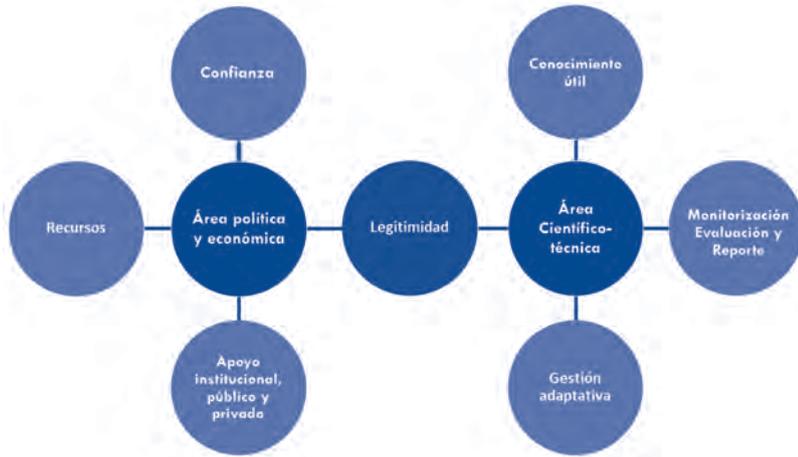
Siguiendo este ejemplo, Olazabal *et al.* (2019a) proponen aplicar este mismo concepto de credibilidad en el contexto de la adaptación al cambio climático, con un enfoque centrado en

ciudades. Los autores definen la credibilidad en este marco como «la probabilidad de que las políticas de adaptación sean efectivas a la hora de reducir o evitar los impactos del cambio climático, a largo plazo o, al menos, en el marco temporal para el que han sido definidas» (Olazabal *et al.*, 2019a: p. 2). Así, se busca contribuir a la medición del progreso en materia de adaptación, más allá de medir la existencia de planes y políticas, evaluando también la credibilidad de dichos planes, es decir, la probabilidad de que estos contribuyan a paliar los efectos del cambio climático.

Las políticas locales de adaptación toman comúnmente forma de estrategias o planes más concretos que establecen una serie de medidas para reducir los riesgos climáticos evaluados o percibidos. Haciendo una revisión de los principales factores que generan capacidad adaptativa y que pueden afectar a la calidad y efectividad de las políticas de adaptación al cambio climático, Olazabal *et al.* (2019a) proponen un marco de evaluación en torno a tres áreas principales: la credibilidad política y económica de los planes de adaptación, su credibilidad científica y técnica, y su legitimidad (véase gráfico 1).

La *credibilidad política y económica* se divide en tres componentes: recursos, confianza y apoyo institucional, público y privado. Los *recursos*, a su vez, se refieren a los medios necesarios para la implementación del plan, y la *confianza* al desempeño pasado y la asignación actual de recursos humanos para la definición, aprobación e implementación del plan. Por su parte, la componente de *apoyo*

GRÁFICO 1
MARCO CONCEPTUAL PARA LA EVALUACIÓN DE LA CREDIBILIDAD DE PLANES DE ADAPTACIÓN, INCLUYENDO LAS TRES ÁREAS CLAVE Y SUS SIETE COMPONENTES



Fuente: Olazabal et al. (2019a).

ción adaptativa. La componente de *conocimiento utilizable* se refiere a la producción y uso de evidencias adaptadas en cuanto a los impactos climáticos, los riesgos y la vulnerabilidad, en función de las necesidades locales. La componente *MER* incluye la existencia de sistemas que evalúan el progreso y los resultados según un conjunto de objetivos, mientras que *gestión adaptativa* hace referencia a la existencia de procesos de aprendizaje a través de procedimientos de reajuste que permitan la revisión, redefinición o el cambio a otras opciones alternativas.

La última área clave (y la componente homónima) es la *legitimidad*, que evalúa cómo se incorporan criterios de transparencia y diálogo, equidad y justicia, así como el compromiso con la participación de agentes de interés y la sociedad civil.

institucional, público y privado se refiere a la participación pasiva o activa de diversos actores públicos y privados en el desarrollo del plan.

La *credibilidad científica y técnica* se divide también en tres componentes: conocimiento utilizable; monitorización, evaluación y reporte (MER); y ges-

CUADRO N.º 2

ESQUEMA DE LA HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN DE LA CREDIBILIDAD DE LOS PLANES LOCALES DE ADAPTACIÓN, INCLUYENDO LAS ÁREAS PRINCIPALES, COMPONENTES, INDICADORES, ASÍ COMO EL NÚMERO DE MÉTRICAS CONSIDERADAS

ÁREAS PRINCIPALES	COMPONENTES	INDICADORES	Nº MÉTRICAS
Área política y económica	1. Recursos	1. Financiación	3
		2. Coherencia	2
		3. Priorización y planificación temporal	3
	2. Confianza	4. Desempeño anterior	3
		5. Distribución de responsabilidades	3
		6. Opinión pública	1
	3. Apoyo institucional, público y privado	7. Legislación y naturaleza normativa	2
		8. Participación en redes	1
		9. Liderazgo y apoyo	5
Área científico-técnica	4. Conocimiento utilizable	10. Evaluación de impactos y vulnerabilidad	4
		11. Evaluación de las opciones de adaptación	4
	5. Monitorización, evaluación y reporte (MER)	12. Procesos de seguimiento, evaluación y reporte (MER)	6
		13. Mecanismos de aprendizaje	3
Legitimidad	6. Gestión adaptativa	14. Incertidumbre	1
		15. Transparencia y diálogo	5
	7. Legitimidad	16. Participación de agentes y sociedad	3
		17. Equidad y justicia	3

Para los siete componentes identificados en el marco conceptual, Olazabal *et al.* (2019) realizaron una revisión de la literatura relevante en materia de seguimiento del progreso de la adaptación, que resultó en la identificación de 17 indicadores y 53 métricas de evaluación (véase cuadro n.º 2). La descripción de cada indicador, así como el detalle de las métricas y su método de evaluación se pueden consultar en el Apéndice.

Siguiendo Olazabal *et al.* (2019), el marco de evaluación descrito se aplicó a las once ciudades de la muestra mediante una doble revisión de las puntuaciones por dos analistas, en trabajo de gabinete. Se utilizaron políticas de adaptación incorporadas en los planes climáticos locales de las ciudades de la muestra que se encuentran disponibles públicamente a través de la página web de cada municipio (cuadro n.º 1).

3. Validación de la evaluación realizada

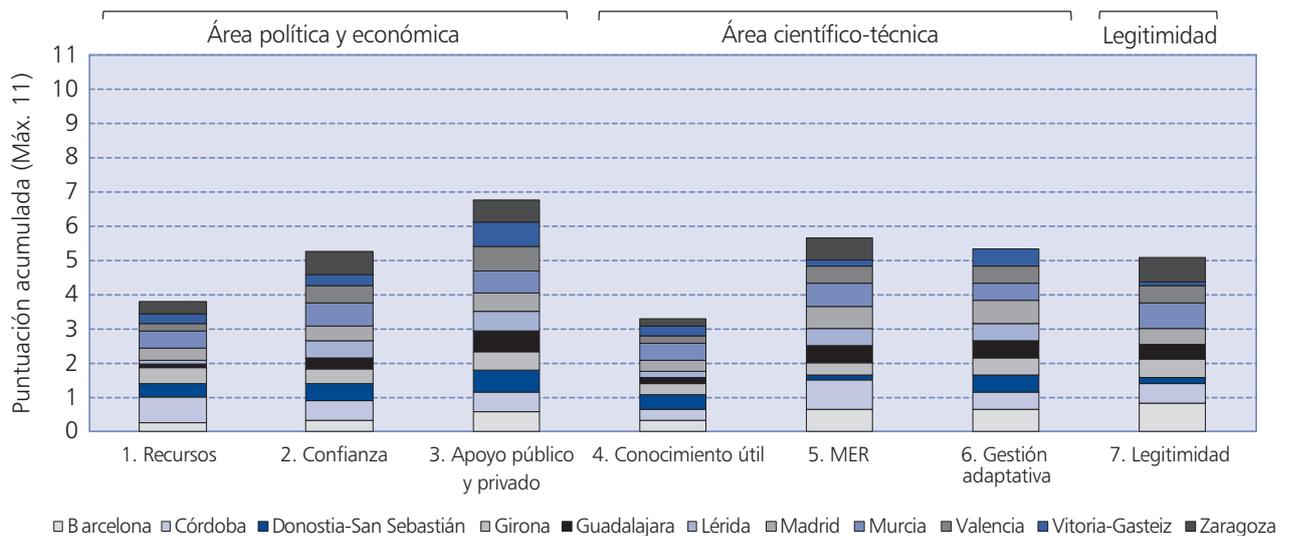
En un segundo paso, la evaluación de gabinete fue enviada a responsables técnicos municipales de las once políticas de adaptación analizadas, con el objetivo de contrastar la puntuación asignada a cada métrica. La autoevaluación ha sido también utilizada en algunas revisiones (por ejemplo, Campos *et al.*, 2017) y permite incorporar conocimiento técnico o información contenida en documentos que no están públicamente accesibles. De los once ayuntamientos contactados, se recibieron contribuciones por parte de cinco: Barcelona, Girona, Murcia, Vitoria-Gasteiz y Zaragoza. Vitoria-Gasteiz, además, aportó documentación adicional (Borrador de Plan de Adaptación de Vitoria-Gasteiz 2014-2020, actualmente en implementación, según fuentes del ayuntamiento).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Evaluación de la credibilidad política y económica

Los resultados de la evaluación realizada agrupada en base a las componentes principales se muestran en el gráfico 2. En el área política y económica, la componente de *apoyo institucional, público y privado* es la que muestra una evaluación mejor. Esta componente engloba cuatro indicadores relacionados con la opinión pública, la legislación y el carácter reglamentario de las actuaciones planificadas, la participación en redes o el liderazgo de las instituciones (cuadro n.º 2, gráfico 3). Las ciudades analizadas muestran una buena evaluación en cuanto a la adhesión a redes climáticas, nacionales o internacionales, y la opinión pública. El liderazgo político e institucional ha sido identificado

GRÁFICO 2
RESULTADOS AGREGADOS DE LA EVALUACIÓN EN BASE A LOS SIETE COMPONENTES DE LA HERRAMIENTA



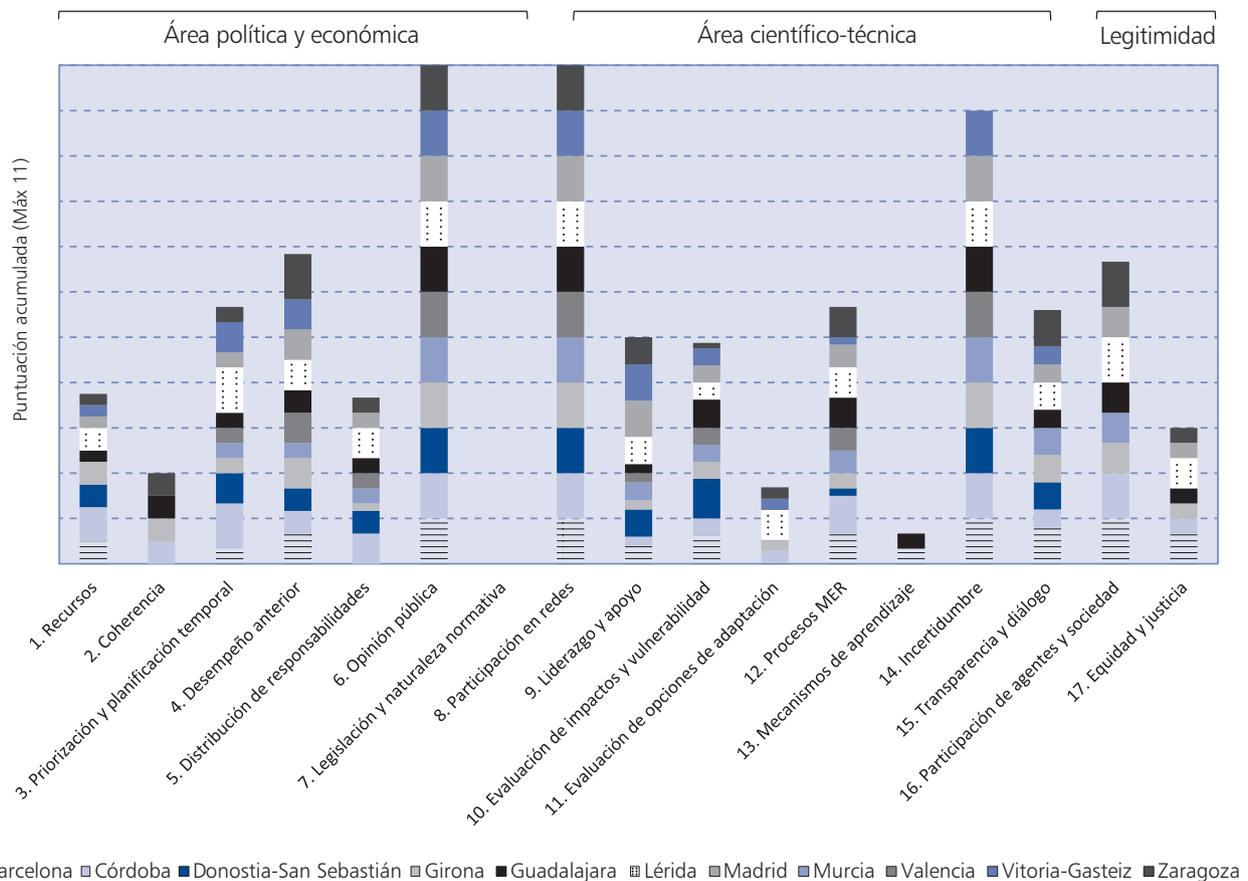
Nota: La puntuación máxima por componente es 11 puntos (máximo 1 punto por cada una de las once ciudades).
Fuente: Elaboración propia.

como otro elemento clave de la credibilidad de los planes de adaptación (Anguelovski, Chu y Carmin, 2014), así como el apoyo de instituciones de nivel superior y el sector privado (Bulkeley y Broto, 2013; Heidrich *et al.*, 2016). En las ciudades analizadas se observa que los planes locales no cuentan con marcos de planificación estatal o regional que pueden apoyar la implementación de estos, y el apoyo del sector privado es también un aspecto a reforzar (gráfico 3).

Ninguna de las ciudades analizadas puntúa en el indicador de legislación y carácter normativo (gráfico 3), lo cual indica que la adaptación se está desarrollando a través de iniciativas y medidas de carácter voluntario. Por un lado, no existe una normativa estatal (ni autonómica) que obligue a las ciudades al desarrollo y aprobación de planes de adaptación como, por ejemplo, en Dinamarca, Francia, Reino Unido y Eslovaquia, y que se traduce en un porcentaje mayor de ciudades con políticas de adaptación (Heidrich *et al.*, 2016; Reckien

et al., 2018). Por otro lado, la mayoría de las propias acciones recogidas en los planes carecen de una naturaleza vinculante que asegure su cumplimiento. Esto puede deberse al hecho de que muchas de las acciones en la primera generación de planes suelen centrarse en el desarrollo de conocimiento de base (Lesnikowski *et al.*, 2013) y, en general se observa que a pesar de los avances en materia de adaptación, la implementación es aún incipiente (Chan *et al.*, 2016; Olazabal *et al.*, 2019b).

GRÁFICO 3
RESULTADOS AGREGADOS DE LA EVALUACIÓN EN BASE A LOS 17 INDICADORES DE LA HERRAMIENTA



Nota: La puntuación máxima por componente es 11 puntos (máximo 1 punto por cada una de las once ciudades).

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la componente de *confianza*, se ha estudiado la trayectoria municipal en el desarrollo e implementación de políticas de adaptación y mitigación. Mientras casi la totalidad de las ciudades tienen experiencia previa en mitigación, los planes analizados son los primeros documentos de planificación de la adaptación, con la excepción de Zaragoza, donde existía una estrategia de adaptación anterior (2010), que ha sido recientemente sustituida por la Estrategia de Cambio Climático, Salud y Calidad del aire de Zaragoza (ECAZ3.0). La componente de *confianza* también evalúa el nivel de definición y asignación de responsabilidades de las diferentes actuaciones previstas. Únicamente en cuatro ciudades el plan identifica un responsable de implementación y también en cuatro existen responsables por medidas.

La provisión de recursos para llevar adelante las actuaciones planificadas es considerado un indicador relevante del grado de preparación de la adaptación (Ford y King, 2015). Así, la componente de *recursos* evalúa los recursos financieros asignados a las políticas de adaptación recogidas en los planes analizados, así como la consistencia de éstos. El indicador de coherencia evalúa el presupuesto asignado al plan en relación con el contenido de este y también respecto a los recursos de la ciudad. Respecto a la financiación, solo tres de las ciudades evaluadas cuentan con un presupuesto global asignado al plan y cuatro de ellas asignan presupuestos a las medidas individualmente para asegurar su implementación. Esta componente también incluye un indicador de priorización y planificación temporal, que presenta una

evaluación mucho mejor que la de los dos indicadores anteriores: todas las ciudades definen un calendario de implementación y cuatro de ellas establecen, además, criterios para priorizarla.

2. Evaluación de la credibilidad científica y técnica

La primera componente de esta área sobre *conocimiento utilizable* evalúa, en primer lugar, la existencia de evaluaciones de riesgos y vulnerabilidad en las políticas de adaptación analizadas y su contenido, así como las opciones de adaptación incorporadas. Los resultados del análisis muestran que diez de los once planes analizados, en mayor o menor medida, se sustentan en un análisis previo de vulnerabilidad, aunque existe un margen de mejora en cuanto a su alcance y desarrollo. Todos los planes han incorporado escenarios climáticos a futuro, pero ninguno de ellos cuenta con escenarios socioeconómicos. Sin embargo, el indicador que evalúa las opciones de adaptación muestra un amplio margen de mejora. Los planes no consideran criterios de coste-eficiencia o flexibilidad ni planifica temporalmente las medidas. La integración de la adaptación en objetivos de sostenibilidad más amplios se menciona de alguna forma en dos de los planes, pero no se encuentran evidencias de que las barreras potenciales de la adaptación o la posibilidad de mala adaptación se considere en ninguno de ellos.

Los procesos de *monitorización, evaluación y reporte (MER)* están presentes en nueve de los planes analizados donde se identifican indicadores y objetivos de seguimiento. En cinco planes se

asigna un responsable y en un único caso existe una asignación presupuestaria.

La componente de *gestión adaptativa* incluye dos indicadores que analizan los mecanismos de aprendizaje y la incertidumbre. Respecto a los mecanismos de aprendizaje previstos para el propio reajuste del plan, en base a los cambios que sucedan respecto a las previsiones o estimaciones iniciales, solamente están presentes en los planes de Barcelona y Madrid, pero no se prevén en el resto de las ciudades, de ahí que la puntuación de este indicador se encuentre entre las más bajas (gráfico 3). El indicador de incertidumbre busca evaluar si esta se ha considerado tanto en el diseño del plan como en la evaluación y selección de las opciones de adaptación, por ejemplo, a través de la identificación de medidas de bajo arrepentimiento, o el uso de diferentes escenarios. No obstante, el método de evaluación prevé la máxima puntuación si existe una evaluación de riesgos y vulnerabilidad, asumiendo que el análisis de riesgos conlleva la consideración de la incertidumbre. Como diez planes cuentan con una evaluación de riesgos, este indicador obtiene una de las puntuaciones más altas.

3. Evaluación de la credibilidad de aspectos de legitimidad

La legitimidad es un aspecto crucial de las políticas de adaptación (Adger, Arnell y Tompkins, 2005). La transparencia y la participación en el diseño de políticas de adaptación se han identificado como dos factores fundamentales para garantizar la equidad de dichas políticas, así

como su legitimidad (Shi *et al.*, 2016). Además, las medidas de adaptación pueden tener efectos distributivos, por lo que evaluar estos efectos y analizar quiénes son los beneficiarios de estas actuaciones y proteger a los grupos más vulnerables o expuestos a los impactos del cambio climático también contribuirá a una mayor equidad de las políticas de adaptación (Eisenack y Stecker, 2012; Markanday, Galarraga y Markandya, 2019).

Sin embargo, lo que se observa del análisis realizado es que la

componente de *legitimidad* de los planes de adaptación es el área que presenta un amplio margen de mejora, en concreto, el indicador de equidad y justicia muestra la necesidad de prestar más atención a la población más vulnerable, tanto en los procesos de elaboración de los propios planes como en la definición e implementación de las medidas de adaptación. Los resultados también indican que es necesario mejorar la transparencia y el diálogo en la elaboración de los planes: aunque hay algunos buenos ejemplos de compromiso con agentes de

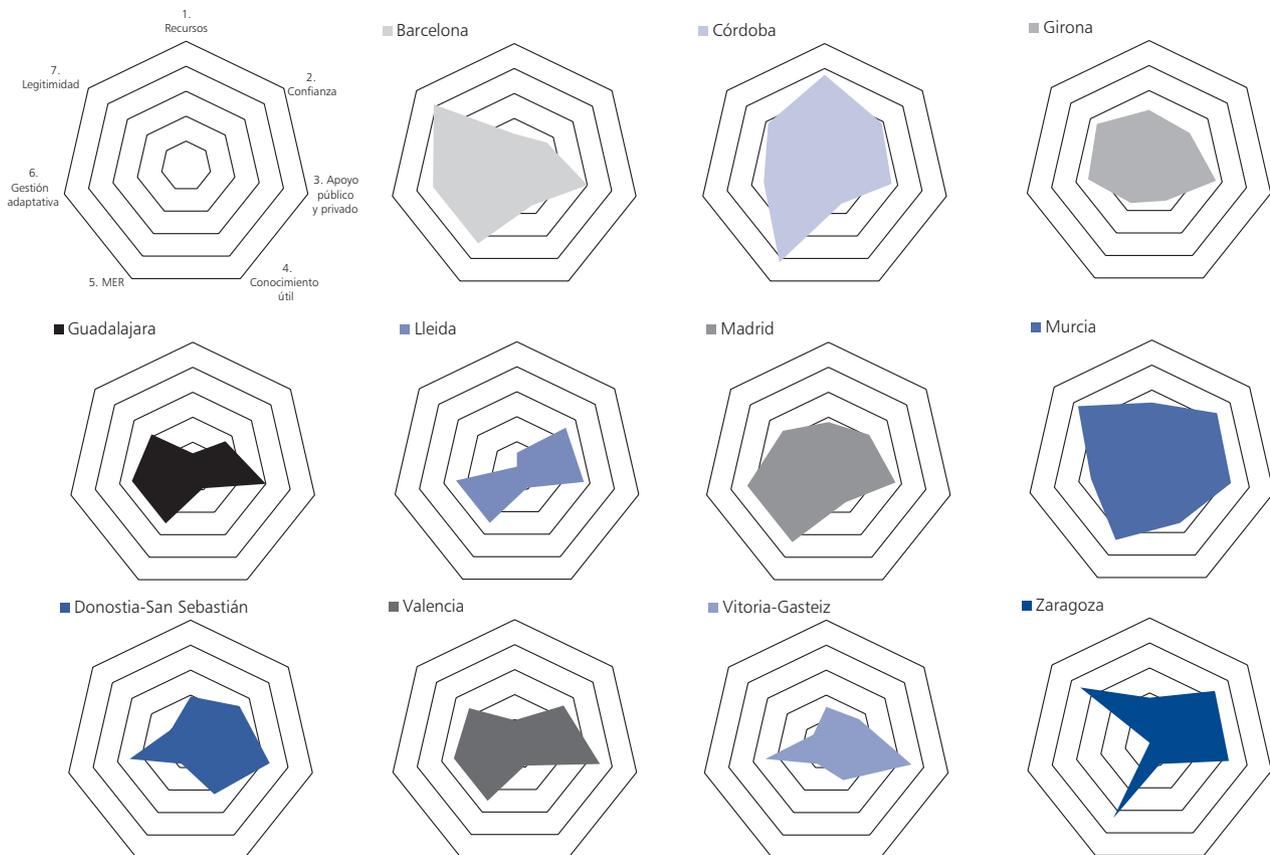
interés y la sociedad civil, a menudo ni las comunidades, ni las asociaciones de interés social, han participado en la definición de las estrategias de adaptación.

4. Resultados comparativos de las políticas de adaptación

Entre los planes de adaptación analizados, destaca por una credibilidad alta (más de 30 puntos) el caso de Murcia (véase gráfico 4). El Plan de Adaptación al Cambio Climático del Municipio de

GRÁFICO 4

RESULTADOS DEL ANÁLISIS REALIZADO PARA CADA CIUDAD, EN BASE A LOS SIETE COMPONENTES DE LA HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN: (1) RECURSOS; (2) CONFIANZA; (3) APOYO PÚBLICO Y PRIVADO; (4) CONOCIMIENTO ÚTIL; (5) MER; (6) GESTIÓN ADAPTATIVA; (7) LEGITIMIDAD



Fuente: Elaboración propia.

Murcia 2030 destaca por su ejercicio de priorización y evaluación de opciones de adaptación, así como en la componente de confianza. El Plan Clima de Barcelona (2018) sobresale por su consideración de los aspectos relativos a la legitimidad, que se trata precisamente de una de las principales áreas de mejora identificadas en este análisis y también en contextos internacionales (Markanday, Galarraga y Markandya, 2019; Olazabal *et al.*, 2019a). El Plan Clima de Barcelona también se distingue, junto con el Plan Estratégico Municipal de Adaptación al Cambio Climático de Córdoba, por considerar elementos de

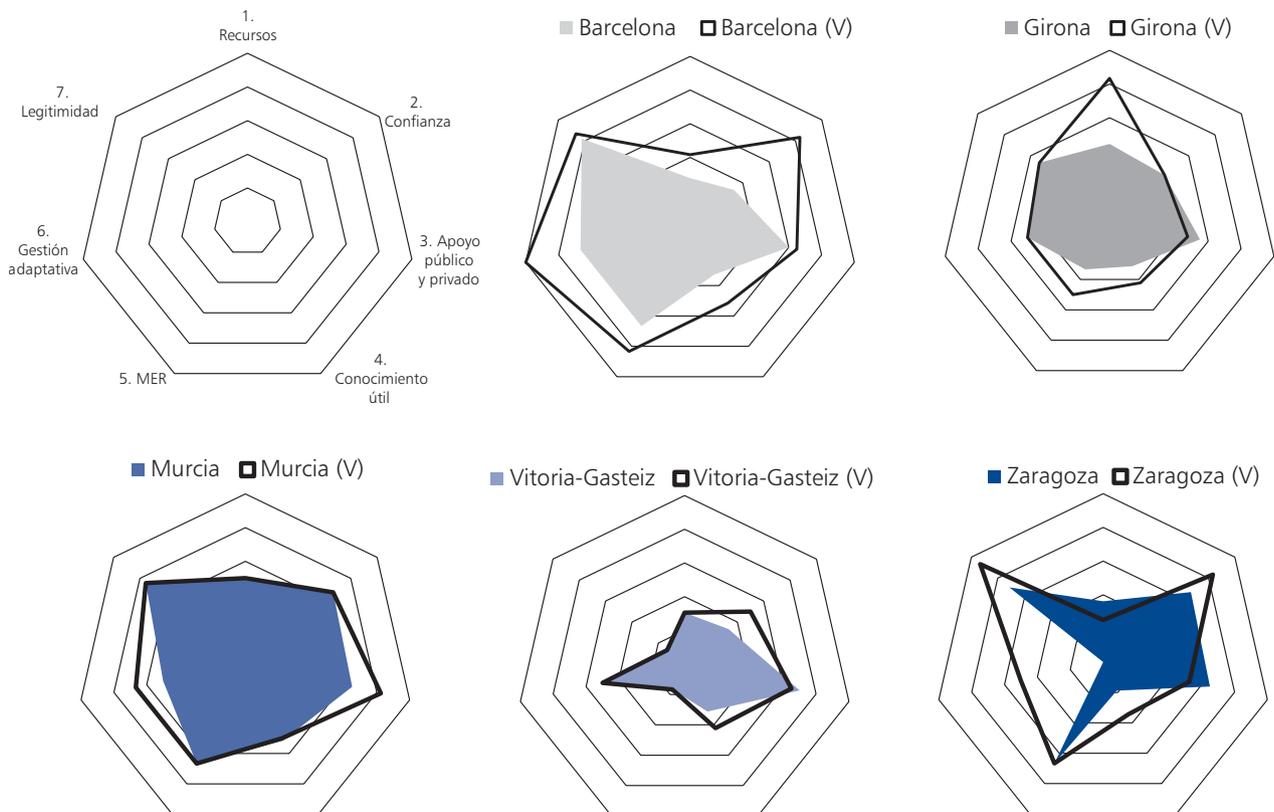
gestión adaptativa, como la flexibilidad. Los procesos que se proponen facilitarían que una vez obtenidos los resultados del sistema MER, los planes puedan ajustarse a las nuevas necesidades de adaptación que se presenten en estas ciudades. Además, estas dos ciudades prevén la creación de un organismo de coordinación para el seguimiento de la implementación de los planes, lo que facilitaría la adaptación de la estrategia de la ciudad a nuevas circunstancias climáticas, sociales, ecológicas o económicas.

Los planes de Donostia-San Sebastián, Girona, Madrid,

Valencia y Zaragoza muestran una credibilidad inferior, con una evaluación mejor en el área política y económica, seguida de la científico-técnica y, por último, la componente de legitimidad. Zaragoza, sin embargo, muestra una evaluación alta en legitimidad y menor en el área científico-técnica. Los planes donde la evaluación de credibilidad muestra unos valores menores corresponden a Guadalajara, Lleida y Vitoria-Gasteiz.

En general, se observa que a pesar del esfuerzo que se está realizando, y precisamente por ser la primera generación de pla-

GRÁFICO 5
COMPARACIÓN ENTRE LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE GABINETE (ZONAS SOMBRADAS Y LA REVISIÓN REALIZADA POR LOS TÉCNICOS MUNICIPALES CONTACTADOS (ÁREA DELIMITADA POR LA LÍNEA NEGRA))



Fuente: Elaboración propia.

nes de adaptación, es aún necesario reforzar los indicadores y componentes evaluados.

5. Resultados del proceso de verificación con autoridades locales

Tal como se ha descrito en la metodología, las evaluaciones de gabinete se remitieron a los técnicos municipales responsables de las políticas analizadas, para contrastar las puntuaciones asignadas. El gráfico 5 muestra la diferencia entre la evaluación inicial (colores sólidos) y la autoevaluación realizadas (solo en cinco ciudades) por los responsables técnicos de los planes de adaptación (área delimitada por la línea negra).

Aunque en el caso de algunas componentes la evaluación de gabinete asigna una valoración más alta, esta comparación muestra que, en general, las autoevaluaciones obtienen valores más altos. Metodológicamente, existen dos puntualizaciones para el proceso de validación. Por una parte, no se ha garantizado que los analistas de la verificación realicen una interpretación de las métricas igual que los analistas de gabinete. Por otra parte, en estas autoevaluaciones, no solo se ha valorado la información contenida en los planes, sino que se han tenido en cuenta los procesos de planificación en su conjunto.

Los resultados parecen indicar que la adaptación a escala local se está desarrollando no solo a través de planes, sino a través también de otros instrumentos locales, por lo que medir el progreso de la adaptación únicamente a través del contenido de los planes climáticos puede llevar

a infravalorar el progreso y el esfuerzo realizado por las ciudades.

Existen programas que son referencia nacional y europea que incorporan criterios de adaptación o contribuyen a una mayor capacidad adaptativa. Vitoria-Gasteiz, nombrada European Green Capital en 2012, o el programa Madrid + Natural, son algunos ejemplos reconocidos internacionalmente. En este último caso, el Plan de Calidad del Aire y Cambio Climático de Madrid menciona este programa como una de las principales actuaciones en materia de adaptación al cambio climático a través de soluciones naturales, pero el plan en sí, objeto de este análisis, prácticamente no incorpora otras acciones de adaptación, más allá del seguimiento de determinadas variables climáticas y la integración de la adaptación en otras políticas municipales. La consideración y la evaluación de la diversidad y magnitud de la acción climática, planificada o no, es una de las dificultades a la hora de hacer un seguimiento del progreso en materia de adaptación.

IV. CONCLUSIONES

La planificación para la adaptación al cambio climático en las ciudades españolas se encuentra aún en sus primeras etapas. Únicamente el 20 por 100 de las principales ciudades analizadas en este estudio (52 capitales de provincia y dos ciudades autónomas, que representan el 17 por 100 de la población española) cuenta con políticas de adaptación incluidas en un plan climático, bien sea específico de adaptación o de mayor alcance. Las ciudades, impulsadas en gran medida por iniciativas como el Pacto de Alcaldes por el

Clima y la Energía, han acelerado sus políticas de adaptación en los últimos años. De hecho, la mayoría de los planes analizados (ocho de once) han sido aprobados en los últimos dos años. No obstante, incluso en las ciudades que están más avanzadas en sus esfuerzos de adaptación, todavía hay camino por recorrer, en particular con respecto al establecimiento de los procesos necesarios de legitimación que incluyan la participación e implicación de agentes interesados y comunidades, el establecimiento de sistemas de monitorización adecuados, la definición de un presupuesto sostenible para la implementación y la incorporación en la propia planificación de una evaluación técnica de los riesgos e incertidumbres del cambio climático.

Asimismo, es fundamental adoptar nuevas medidas para garantizar la transparencia y el diálogo en el proceso de planificación, no solo para mejorar la gobernanza climática, sino también para aumentar la aceptabilidad y la legitimidad de las acciones de adaptación propuestas.

Por otro lado, es necesario considerar la equidad y justicia como elementos claves a considerar en las diferentes etapas del desarrollo e implementación de los planes de adaptación, con el objetivo de garantizar que la planificación climática responda a las necesidades de la población más vulnerable, principalmente afectada por los efectos del cambio climático, y que los impactos positivos de las medidas de adaptación propuestas estén equitativamente distribuidos.

Los resultados de la presente evaluación sugieren la necesidad de escalar las responsabilida-

des e incluir los retos climáticos urbanos en la agenda autonómica y estatal. Los gobiernos nacionales y regionales tienen el potencial de desempeñar un papel más importante a la hora de desarrollar normativa básica para impulsar el desarrollo de planes y ofreciendo a las ciudades y municipios el soporte técnico y financiero necesario para la elaboración de su planificación climática.

En definitiva, la planificación de la adaptación local al cambio climático es emergente entre las ciudades españolas. Actualmente pocas ciudades disponen de políticas y, entre las existentes, queda mucho camino por recorrer. Al mismo tiempo, estas áreas urbanas concentran grandes vulnerabilidades y riesgos climáticos. Impulsar la capacitación y acción para reducirlos no solo es un reto municipal, sino un reto multinivel y urgente.

NOTAS

(*) El presente estudio se ha desarrollado con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica del Gobierno de España (Ayuda n.º CA_CC_2017). ELISA SAINZ DE MURIETA agradece la financiación posdoctoral del Departamento de Educación del Gobierno Vasco (Ayuda n.º POS_2018_2_0027). MARTA OLAZABAL dispone de financiación de AXA Research Fund (Id. 4771) y el Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO) (Ayuda n.º IJCI-2016-28835). El desarrollo de este estudio ha contado con el apoyo del Gobierno Vasco a través del programa BERC 2018-2021 y del Gobierno de España a través de la acreditación de BC3 como centro María de Maeztu (MDM-2017-0714).

Las autoras agradecen a los ayuntamientos su disponibilidad para la corroboración de los datos recogidos. Igualmente, agradecen a María Ruiz de Gopegui por el apoyo técnico en la doble revisión de los resultados de evaluación.

(1) C40 es una red de megaciudades de todo el mundo comprometidas con hacer frente al cambio climático. La función de C40 es apoyar a las ciudades para colaborar de manera efectiva, compartir conocimientos e impulsar

acciones significativas, medibles y sostenibles contra el cambio climático. Más información: www.c40.org

(2) El Pacto Global de Alcaldes por el Clima y la Energía es una alianza global de ciudades y gobiernos locales que voluntariamente se comprometen a luchar contra el cambio climático (Más información: <https://www.globalcovenantofmayors.org/>). El Pacto Europeo de los Alcaldes para el Clima y la Energía originó la iniciativa en Europa y es miembro del Pacto Global. Más información: <https://www.pactodelosalcaldes.eu/>

(3) Regions4 es una red de gobiernos regionales, creada en la cumbre de Johannesburgo celebrada en 2002 y pertenecen a ella 42 gobiernos regionales de 20 países. Más información: www.regions4.org

BIBLIOGRAFÍA

ADGER, W. N., ARNELL, N. W. y TOMPKINS, E. L. (2005). Adapting to climate change: perspectives across scales. *Glob. Environ. Change*, 15, pp. 75-76. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2005.03.001>

ANGUELOVSKI, I., CHU, E. y CARMIN, J. (2014). Variations in approaches to urban climate adaptation: Experiences and experimentation from the global South. *Glob. Environ. Change*, 27, pp. 156-167. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.05.010>

ARAOS, M., BERRANG-FORD, L., FORD, J. D., AUSTIN, S. E., BIESBROEK, R. y LESNIKOWSKI, A. (2016). Climate change adaptation planning in large cities: A systematic global assessment. *Environ. Sci. Policy*, 66, pp. 375-382. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.06.009>

AVERCHENKOVA, A. y BASSI, S. (2016). *Beyond the targets: assessing the political credibility of pledges for the Paris Agreement (Policy Brief)*. London: Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment and Centre for Climate Change Economics and Policy.

BARNETT, J. y O'NEILL, S. (2010). Maladaptation. *Glob. Environ. Change*, 20, pp. 211-213.

BERRANG-FORD, L., BIESBROEK, R., FORD, J. D., LESNIKOWSKI, A., TANABE, A., WANG, F. M., CHEN, C., HSU, A., HELLMANN, J. J., PRINGLE, P., GRECEQUET, M., AMADO, J.-C., HUQ, S., LWASA, S. y

HEYMANN, S. J. (2019). Tracking global climate change adaptation among governments. *Nat. Clim. Change*, 9, pp. 440-449. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0490-0>

BIESBROEK, G. R., KLOSTERMANN, J. E. M., TERMEER, C. J. A. M. y KABAT, P. (2013). On the nature of barriers to climate change adaptation. *Reg. Environ. Change*, 13, pp. 1119-1129. <https://doi.org/10.1007/s10113-013-0421-y>

BULKELEY, H. y CASTÁN BROTO, V. (2013). Government by experiment? Global cities and the governing of climate change: Government by experiment? *Trans. Inst. Br. Geogr.*, 38, pp. 361-375. <https://doi.org/10.1111/j.1475-5661.2012.00535.x>

CAMPOS, I., GUERRA, J., GOMES, J. F., SCHMIDT, L., ALVES, F., VIZINHO, A. y LOPES, G. P. (2017). Understanding climate change policy and action in Portuguese municipalities: A survey. *Land Use Policy*, 62, pp. 68-78. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.12.015>

CHAMPALLE, C., FORD, J. D. y SHERMAN, M. (2015). Prioritizing Climate Change Adaptations in Canadian Arctic Communities. *Sustainability*, 7, pp. 9268-9292. <https://doi.org/10.3390/su7079268>

CHAN, S., FALKNER, R., GOLDBERG, M. y VAN ASSELT, H. (2016). Effective and geographically balanced? An output-based assessment of non-state climate actions. *Clim. Policy*, 0, pp. 1-12. <https://doi.org/10.1080/14693062.2016.1248343>

COLLINS, K. y ISON, R. (2009). Jumping off Arnstein's ladder: social learning as a new policy paradigm for climate change adaptation. *Environ. Policy Gov.*, 19, pp. 358-373. <https://doi.org/10.1002/eet.523>

COSENS, B. A. (2013). Legitimacy, Adaptation, and Resilience in Ecosystem Management. *Ecol. Soc.*, 18. <https://doi.org/10.5751/ES-05093-180103>

CRAFT, B. y FISHER, S. (2016). *Measuring effective and adequate adaptation* (Issue Paper). London: IIED.

DE GREGORIO, S., OLAZABAL, M., SALVIA, M., PIETRAPERTOSA, F., OLAZABAL, E., GENELETTI,

<p>D. et al. (2015). Understanding How and Why Cities Engage with Climate Policy: An Analysis of Local Climate Action in Spain and Italy. <i>TeMA - J. Land Use Mobil. Environ</i>, pp. 23-46. https://doi.org/10.6092/1970-9870/3649</p> <p>EISENACK, K. y STECKER, R. (2012). A framework for analyzing climate change adaptations as actions. <i>Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Change</i>, 17, pp. 243-260. https://doi.org/10.1007/s11027-011-9323-9</p> <p>FEW, R., BROWN, K. y TOMPKINS, E. L. (2007). Public participation and climate change adaptation: avoiding the illusion of inclusion. <i>Clim. Policy</i>, 7, pp. 46-59. https://doi.org/10.1080/14693062.2007.9685637</p> <p>FORD, J. D. y BERRANG-FORD, L. (2016). The 4Cs of adaptation tracking: consistency, comparability, comprehensiveness, coherency. <i>Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Change</i>, 21, pp. 839-859. https://doi.org/10.1007/s11027-014-9627-7</p> <p>FORD, J. D., BERRANG-FORD, L., BIESBROEK, R., ARAOS, M., AUSTIN, S. E. y LESNIKOWSKI, A. (2015). Adaptation tracking for a post-2015 climate agreement. <i>Nat. Clim. Change</i>, 5, pp. 967-969. https://doi.org/10.1038/nclimate2744</p> <p>FORD, J. D. y KING, D. (2015). A framework for examining adaptation readiness. <i>Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Change</i>, 20, pp. 505-526. https://doi.org/10.1007/s11027-013-9505-8</p> <p>FÜSSEL, H.-M. (2007). Adaptation planning for climate change: concepts, assessment approaches, and key lessons. <i>Sustain. Sci.</i>, 2, pp. 265-275. https://doi.org/10.1007/s11625-007-0032-y</p> <p>GALARRAGA, I., SAINZ DE MURIETA, E. y FRANÇA, J. (2017). Climate policy at the sub-national level. En: A. AVERCHENKOVA, S. FANKHAUSER y M. NACHMANY (eds.), <i>Trends in Climate Change Legislation</i>, pp. 143-174. Northampton, MA: Edward Elgar.</p> <p>GEORGESON, L., MASLIN, M., POESSINOUW, M. y HOWARD, S. (2016). Adaptation responses to climate change differ between global megacities. <i>Nat. Clim. Change</i>, 6, pp. 584-</p>	<p>588. https://doi.org/10.1038/nclimate2944</p> <p>HAASNOOT, M., KWAKKEL, J. H., WALKER, W. E. y MAAT, J. (2013). Dynamic adaptive policy pathways: A method for crafting robust decisions for a deeply uncertain world. <i>Glob. Environ. Change</i>, 23, pp. 485-498. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.12.006</p> <p>HAASNOOT, M., VAN 'T KLOOSTER, S. y VAN ALPHEN, J. (2018). Designing a monitoring system to detect signals to adapt to uncertain climate change. <i>Glob. Environ. Change</i>, 52, pp. 273-285. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.08.003</p> <p>HALE, T. (2016). «All Hands on Deck»: The Paris Agreement and Nonstate Climate Action. <i>Glob. Environ. Polit.</i>, 16, pp. 12-22. https://doi.org/10.1162/GLEP_a_00362</p> <p>HEIDRICH, O., DAWSON, R. J., RECKIEN, D. y WALSH, C. L. (2013). Assessment of the climate preparedness of 30 urban areas in the UK. <i>Clim. Change</i>, 120, pp. 771-784. https://doi.org/10.1007/s10584-013-0846-9</p> <p>HEIDRICH, O., RECKIEN, D., OLAZABAL, M., FOLEY, A., SALVIA, M., DE GREGORIO HURTADO et al. (2016). National climate policies across Europe and their impacts on cities strategies. <i>J. Environ. Manage</i>, 168, pp. 36-45. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.11.043</p> <p>HINKEL, J. (2011). «Indicators of vulnerability and adaptive capacity»: Towards a clarification of the science-policy interface. <i>Glob. Environ. Change</i>, 21, pp. 198-208. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2010.08.002</p> <p>HUGHES, S. (2015). A meta-analysis of urban climate change adaptation planning in the U.S. <i>Urban Climate</i>, 14(Part 1), pp. 17-29. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2015.06.003</p> <p>IPCC (2014). Summary for Policymakers. E: C. B FIELD, V. R. BARROS, D. J. DOKKEN, K. J MACH, M. D. MASTRANDREA, T. E. BILIR et al. (Eds.), <i>Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects</i>. Contribution of Working Group II to the</p>	<p>Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, pp. 1-32. Cambridge, United Kingdom, and New York, NY: Cambridge University Press.</p> <p>JORDAN, A. J., HUITEMA, D., HILDÉN, M., VAN ASSELT, H., RAYNER, T. J., SCHOENEFELD, J. J. et al. (2015). Emergence of polycentric climate governance and its future prospects. <i>Nat. Clim. Change</i>, 5, pp. 977-982. https://doi.org/10.1038/nclimate2725</p> <p>JUHOLA, S., GLAAS, E., LINNÉR, B.-O. y NESET, T.-S. (2016). Redefining maladaptation. <i>Environ. Sci. Policy</i>, 55, Part 1, pp. 135-140. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.09.014</p> <p>KAMPERMAN, H. y BIESBROEK, R. (2017). Measuring Progress on Climate Change Adaptation Policy by Dutch Water Boards. <i>Water Resour. Manag.</i>, 31, pp. 4557-4570. https://doi.org/10.1007/s11269-017-1765-8</p> <p>KINGSBOROUGH, A., BORGOMEIO, E. y HALL, J. W. (2016). Adaptation pathways in practice: Mapping options and trade-offs for London's water resources. <i>Sustain. Cities Soc.</i>, 27, pp. 386-397. https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.08.013</p> <p>LESNIKOWSKI, A., FORD, J., BIESBROEK, R., BERRANG-FORD, L. y HEYMANN, S. J. (2016). National-level progress on adaptation. <i>Nat. Clim. Change</i>, 6, pp. 261-264. https://doi.org/10.1038/nclimate2863</p> <p>LESNIKOWSKI, A. C., FORD, J. D., BERRANG-FORD, L., BARRERA, M., BERRY, P. y HENDERSON, J. (2013). National-level factors affecting planned, public adaptation to health impacts of climate change. <i>Glob. Environ. Change</i>, 23, pp. 1153-1163. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.04.008</p> <p>LESNIKOWSKI, A. C., FORD, J. D., BERRANG-FORD, L., PATERSON, J. A., BARRERA, M. y HEYMANN, S. J. (2011). Adapting to health impacts of climate change: a study of UNFCCC Annex I parties. <i>Environ. Res. Lett.</i>, 6, 044009. https://doi.org/10.1088/1748-9326/6/4/044009</p> <p>LOBELL, D. B., BURKE, M. B., TEBALDI, C., MASTRANDREA, M. D., FALCON, W.P. y NAYLOR, R. L. (2008). Prioritizing</p>
--	---	--

Climate Change Adaptation Needs for Food Security in 2030. *Science*, 319, pp. 607-610. <https://doi.org/10.1126/science.1152339>

MAGNAN, A. K. y RIBERA, T. (2016). Global adaptation after Paris. *Science*, 352, pp. 1280-1282. <https://doi.org/10.1126/science.aaf5002>

MARKANDAY, A. y GALARRAGA, I. (2019). A critical review of cost-benefit analysis for climate change adaptation in cities. *Clim. Change Econ.*, 10, 1950014. <https://doi.org/10.1142/S2010007819500143>

MARKANDAY, A. (2014). Incorporating Climate Change into Adaptation Programmes and Project Appraisal: Strategies for uncertainty. En A. MARKANDYA, I. GALARRAGA, E. SAINZ DE MURIETA (eds.), *Routledge Handbook of the Economics of Climate Change Adaptation*, pp. 97-119. Routledge.

MILLARD-BALL, A. (2012). Do city climate plans reduce emissions? *J. Urban Econ.*, 71, pp. 289-311. <https://doi.org/10.1016/j.jue.2011.12.004>

MUCHADENYIKA, D. y WILLIAMS, J. J. (2017). Politics and the practice of planning: The case of Zimbabwean cities. *Cities*, 63, pp. 33-40. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.12.022>

OLAZABAL, M., DE GREGORIO, S., OLAZABAL, E., PIETRAPERTOSA, F., SALVIA, M., GENELETTI, D. et al. (2014). *How are Italian and Spanish Cities tackling climate change? A local comparative study*. Bilbao: Basque Centre for Climate Change (BC3).

OLAZABAL, M., GALARRAGA, I., FORD, J., SAINZ DE MURIETA, E. y LESNIKOWSKI, A. (2019a). Are local climate adaptation policies credible? A conceptual and operational assessment framework. *Int. J. Urban Sustain. Dev.*, 11, pp. 277-296. <https://doi.org/10.1080/19463138.2019.1583234>

OLAZABAL, M., GOPEGUI, M. R. DE, TOMPKINS, E. L., VENNER, K. y SMITH, R. (2019b). A cross-scale worldwide analysis of coastal adaptation planning. *Environ. Res. Lett.*, 14, 124056. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab5532>

PIETRAPERTOSA, F., SALVIA, M., DE GREGORIO HURTADO, S., D'ALONZO, V., CHURCH,

J.M., GENELETTI et al. (2018). Urban climate change mitigation and adaptation planning: Are Italian cities ready? *Cities*, article in press. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2018.11.009>

RECKIEN, D., FLACKE, J., DAWSON, R. J., HEIDRICH, O., OLAZABAL, M., FOLEY, A. et al. (2014). Climate change response in Europe: what's the reality? Analysis of adaptation and mitigation plans from 200 urban areas in 11 countries. *Clim. Change*, 122, pp. 331-340. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0989-8>

RECKIEN, D., FLACKE, J., OLAZABAL, M. y HEIDRICH, O. (2015). The Influence of Drivers and Barriers on Urban Adaptation and Mitigation Plans—An Empirical Analysis of European Cities. *PLoS ONE*, 10, e0135597. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0135597>

RECKIEN, D., SALVIA, M., HEIDRICH, O., CHURCH, J. M., PIETRAPERTOSA, F., DE GREGORIO-HURTADO, S. et al. (2018). How are cities planning to respond to climate change? Assessment of local climate plans from 885 cities in the EU-28. *J. Clean. Prod.*, 191, pp. 207-219. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.220>

RIBEIRO, M., LOSENNO, C., DWORAK, T., MASSEY, E., SWART, R., BENZIE, M. y LAASER, C. (2013). *Design of guidelines for the elaboration of Regional Climate Change Adaptations Strategies* (No. Tender DG ENV.G.1/ETU/2008/0093r). Vienna: European Commission - DG Environment..

SAINZ DE MURIETA, E., GALARRAGA, I. y SANZ, M. J. (2018). COP23: Technical profile with relevant political support. *DYNA Ing. E Ind.*, 93, pp. 22-24. <https://doi.org/10.6036/8685>

SARZYNSKI, A. (2015). Public participation, civic capacity, and climate change adaptation in cities. *Urban Clim., Building Capacity for Climate Change Adaptation in Urban Areas 14, Part 1*, pp. 52-67. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2015.08.002>

SCHWARZE, R., MEYER, P., MARKANDYA, A., KEDIA, S., MALEKI, D. y LARA, M. (2016). Economics, Finance, and the Private

Sector (Chapter 7). En C. ROSENZWEIG, W. SOLECKI, P. ROMERO-LANKAO, S. MEHROTRA, S. DHAKAL, S. A. IBRAHIM (eds.), *Climate Change and Cities: Second Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network (UCCRN)*, p. 225. New York, NY: Cambridge University Press.

SHI, L., CHU, E., ANGUELOVSKI, I., AYLETT, A., DEBATS, J., GOH, K. et al. (2016). Roadmap towards justice in urban climate adaptation research. *Nat. Clim. Change*, 6, pp. 131-137. <https://doi.org/10.1038/nclimate2841>

SMITH, J. B. (1997). Setting priorities for adapting to climate change. *Glob. Environ. Change*, 7, pp. 251-264. [https://doi.org/10.1016/S0959-3780\(97\)00001-0](https://doi.org/10.1016/S0959-3780(97)00001-0)

STULTS, M. y WOODRUFF, S. C. (2017). Looking under the hood of local adaptation plans: shedding light on the actions prioritized to build local resilience to climate change. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Change*, 22, pp. 1249-1279. <https://doi.org/10.1007/s11027-016-9725-9>

TOMPKINS, E. L., VINCENT, K., NICHOLLS, R. J. y SUCKALL, N. (2018). Documenting the state of adaptation for the global stocktake of the Paris Agreement. *Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Change*, 9, e545. <https://doi.org/10.1002/wcc.545>

UNFCCC, 2015. Acuerdo de París. Decisión CP/2015/L.9.

WEICHELSELGARTNER, J. y KASPERSON, R. (2010). Barriers in the science-policy-practice interface: Toward a knowledge-action-system in global environmental change research. *Glob. Environ. Change*, 20, pp. 266-277. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2009.11.006>

WOODRUFF, S. C. y STULTS, M. (2016). Numerous strategies but limited implementation guidance in US local adaptation plans. *Nat. Clim. Change*, 6, pp. 796-802. <https://doi.org/10.1038/nclimate3012>

APÉNDICE

MARCO OPERATIVO PARA LA EVALUACIÓN DE LA CREDIBILIDAD DE LA POLÍTICA DE ADAPTACIÓN LOCAL

A1. Descripción de indicadores de evaluación

A continuación se describen los diecisiete indicadores que componen el marco operativo utilizado para evaluar la credibilidad de los planes de adaptación local identificados.

ÁREA CLAVE 1. CREDIBILIDAD POLÍTICA Y ECONÓMICA

Componente 1. Recursos	1. Financiación	La financiación se refiere a la asignación de recursos económicos al plan y también a cada una de las medidas específicas contenidas en el plan (Ford y King, 2015). Se supone que una política de adaptación que no asigne recursos económicos a la implementación o el monitoreo no sería creíble. Woodruff y Stults (2016) también encuentran que los planes financiados por niveles gubernamentales más altos (u otras fuentes) obtienen una calidad inferior. Por tanto, se asume que, si los planes se han autofinanciado, hay una mayor intencionalidad y también se harán mayores esfuerzos para garantizar la calidad y alcanzar los objetivos.
	2. Consistencia	Este indicador apunta a evaluar la magnitud y la coherencia de la economía de adaptación de acuerdo con lo que está contenido en el plan y los recursos de la ciudad. Con esto en mente, aquí, se proponen un conjunto de métricas que ponderan el presupuesto del plan en relación con el producto interno bruto de la ciudad en el momento de la aprobación del plan (Georgeson <i>et al.</i> , 2016).
	3. Priorización y tiempos	Debido a la naturaleza distributiva y al largo plazo de los impactos del cambio climático, establecer prioridades es clave para avanzar en la adaptación (Füssel, 2007; Lobell <i>et al.</i> , 2008; Smith, 1997). La priorización también es útil para incorporar la adaptación a la política existente y reducir los intereses en competencia (Champalle, Ford y Sherman, 2015). Por tanto, se argumenta que un plan de adaptación que no dice claramente qué es importante y qué no lo es (por ejemplo, al establecer criterios de priorización entre las medidas seleccionadas en el momento de la implementación), es probable que sea menos efectivo que uno que sí lo hace.
Componente 2. Confianza	4. Actuaciones pasadas	La efectividad de las políticas anteriores, con respecto al cambio climático o las cuestiones de política ambiental en general, es importante para la credibilidad de las políticas actuales (Averchenkova y Bassi, 2016). Este indicador toma en cuenta la etapa del plan de adaptación que se está analizando y la efectividad de las políticas de mitigación vigentes, asumiendo que la mitigación se ha abordado antes que la adaptación (Reckien <i>et al.</i> , 2014).
	5. Responsabilidades asignadas	Según Woodruff y Stults (2016), los planes que han sido escritos por los departamentos de planificación se correlacionan con una mayor calidad. Además, la provisión de recursos humanos para implementar las acciones planificadas es esencial para demostrar la preparación para la adaptación (Ford y King, 2015) y, en este caso, también proporciona credibilidad al plan. Además de esto, se argumenta aquí que es importante no solo si las responsabilidades están asignadas, sino también si están claramente especificadas.
Componente 3. Apoyo institucional, público y privado	6. Opinión pública	La concienciación social sobre el cambio climático y la percepción del riesgo afectan la preparación para la adaptación (Ford y King, 2015). La conciencia pública no solo apoya el desarrollo y la implementación de políticas (Averchenkova y Bassi, 2016), sino que también es importante para el logro de los objetivos de las políticas (Millard-Ball, 2012).
	7. Legislación y carácter reglamentario	En los casos en los que existe una legislación o normativa nacional de apoyo, suelen ir acompañadas por directrices para el desarrollo de planes (Heidrich <i>et al.</i> , 2016). Esto ayuda a fortalecer la credibilidad de los planes climáticos locales. Las políticas climáticas también deben organizar acciones y actores para lo cual las políticas legalmente vinculantes ayudan a que esto se convierta en una realidad (Jordan <i>et al.</i> , 2015).
	8. Redes	Los estudios de seguimiento de adaptación local hasta la fecha han demostrado la importancia de las redes internacionales para involucrar a las ciudades en la acción climática (De Gregorio <i>et al.</i> , 2014; Reckien <i>et al.</i> , 2015).
	9. Liderazgo y apoyo	En general, la política afecta la credibilidad de la planificación (Muchadenyika y Williams, 2017). Además, los planes de adaptación necesitan un liderazgo político fuerte y una autoridad que construya legitimidad externa e interna (Anguelovski, Chu y Carmin, 2014). Además, Averchenkova y Bassi (2016) sostienen que la existencia de organismos públicos y privados que apoyan la acción climática es esencial para construir políticas creíbles. Un organismo público dedicado al cambio climático y el apoyo de los niveles superiores del Gobierno y el sector privado también son fundamentales para canalizar la acción (Bulkeley y Broto, 2013; Heidrich <i>et al.</i> , 2016; Schwarze <i>et al.</i> , 2016).

APÉNDICE

MARCO OPERATIVO PARA LA EVALUACIÓN DE LA CREDIBILIDAD DE LA POLÍTICA DE ADAPTACIÓN LOCAL (Continuación)

ÁREA CLAVE 2. CREDIBILIDAD CIENTÍFICA Y TÉCNICA

Componente 4. Conocimiento utilizable	10. Evaluación de impactos y vulnerabilidad	Independientemente del enfoque adoptado para evaluar los riesgos, se deben identificar y evaluar los grupos vulnerables y los impactos climáticos relacionados. Realizar un análisis de los impactos en cascada, reduciría también nuevas vulnerabilidades potenciales que pueden surgir de las decisiones tomadas sobre la única base de los impactos observables directos (Adger, Arnell y Tompkins, 2005), reduciendo así la aparición de procesos de mala adaptación (Barnett y O'Neill, 2010; Juhola <i>et al.</i> , 2016).
	11. Evaluación de las opciones de adaptación	Para garantizar que las acciones de adaptación planificadas sean adecuadas y razonables (es decir, que ha existido un proceso de selección de las mejores opciones de adaptación disponibles), se debe identificar y evaluar una lista preliminar de opciones potenciales (Stults y Woodruff, 2017). Además, es importante que las acciones de adaptación estén conectadas con los impactos climáticos y con los diferentes niveles de riesgos identificados para verificar que las acciones planificadas son realmente adecuadas para los cambios esperados.
Componente 5. MER	12. Procesos de seguimiento, evaluación y reporte	En cualquier sistema de planificación, los mecanismos MER son necesarios para gobernar los procesos de implementación y garantizar que los objetivos del plan se lograrán. En la evaluación de los planes de adaptación climática, la existencia de sistemas de monitoreo se ha utilizado como un indicador de la calidad del plan (Woodruff y Stults, 2016) y preparación urbana al cambio climático (Heidrich <i>et al.</i> , 2013) y es componente clave en cualquier proceso que pretenda tener en cuenta procesos flexibles de adaptación (Haasnoot, Van Klooster y Van Alphen, 2018; Kingsborough, Borgomeo y Hall, 2016) (ver indicador 13 y 14). (MER).
Componente 6. Gestión adaptativa	13. Mecanismos de aprendizaje	El aprendizaje y la gestión adaptativa son una parte fundamental de los procesos de adaptación climática (Preston <i>et al.</i> , 2011). La flexibilidad permite la preparación para eventos inesperados y la eficiencia del uso de los recursos. La gestión de la adaptación requiere del reconocimiento de los puntos de inflexión después de los cuales una acción de adaptación ya no cumple con los objetivos especificados y se debe tomar una vía de adaptación alternativa (Haasnoot <i>et al.</i> , 2013; Haasnoot, Van Klooster y Van Alphen, 2018). A través de diferentes enfoques operacionales (véase Kingsborough, Borgomeo y Hall, 2016), las políticas de adaptación al clima pueden proporcionar flexibilidad y abarcar mejor la incertidumbre (Adger <i>et al.</i> , 2005).
	14. Incertidumbre	Un factor importante que debe tenerse en cuenta al diseñar y planificar la adaptación es la incertidumbre. Existen diferentes tipos de incertidumbre en un contexto de cambio climático y diferentes estrategias para enfrentarlo en el diseño de proyectos y planes (Markandya, 2014). Esto implica el desarrollo de un proceso de gestión de riesgos, teniendo en cuenta diferentes escenarios y el abanico más amplio posible de resultados, evaluando las diferentes opciones en función de diversos criterios, o adoptando enfoques de gestión flexibles más allá de las incertidumbres relacionadas con el clima.
ÁREA CLAVE 3. LEGITIMIDAD		
Componente 7. Legitimidad	15. Transparencia y diálogo	La transparencia de las políticas es fundamental para aumentar la concienciación y proporcionar legitimidad a los procesos políticos y de planificación. La aceptación social de las medidas de adaptación y la confianza también son factores importantes (Adger <i>et al.</i> , 2005) junto con la claridad de las reglas, la disponibilidad de información y la existencia de un diálogo público (Cosens, 2013). Debido a las inherentes connotaciones culturales, no hay modelos universales para crear políticas legítimas (Adger <i>et al.</i> , 2005). No hay que olvidar, que los planes también deben ser legítimos dentro de las entidades administrativas responsables de la creación del plan (que se enlaza con el Indicador 9; Liderazgo y apoyo).
	16. Compromiso de los grupos de interés y la sociedad civil	La participación de la sociedad, las comunidades, las organizaciones y las empresas es un elemento importante en la toma de decisiones de adaptación (Collins e Ison, 2009; Few <i>et al.</i> , 2007; Sarzynski, 2015) porque puede ayudar a superar las barreras explícitas a la adaptación (Biesbroek <i>et al.</i> , 2013) y porque, como parte de un proceso de política pública, ayuda a crear planes legítimos. Además, es importante incluir en el proceso a las partes interesadas con razones legítimas para estar allí (Mitchell <i>et al.</i> , 1997). Además, debe buscarse la participación de individuos o grupos con diferentes tipos de experiencia relevante para el plan (Weichselgartner y Kasperson, 2010).
	17. Equidad y justicia	La equidad es un elemento central para una adaptación exitosa al cambio climático (Adger <i>et al.</i> , 2005). La adaptación al cambio climático es intrínsecamente espacial (Shi <i>et al.</i> , 2016); sin embargo, los factores relacionados con la equidad y la vulnerabilidad social, que en muchos casos se reflejan en el espacio, a menudo no se toman en cuenta tanto en la política de adaptación como en los factores físicos (Hughes, 2015). Para lograr oportunidades de adaptación equitativas y justas, la participación puede ser fundamental si las comunidades o los grupos de defensa de la justicia social están comprometidos (Shi <i>et al.</i> , 2016). Identificar quién se beneficia directa o indirectamente de las medidas de adaptación también es relevante para alcanzar estos objetivos (Eisenack y Stecker, 2012).

A2. Marco operativo para la evaluación de la credibilidad de la política de adaptación local: métricas y método de evaluación

A continuación se describen los diecisiete indicadores que componen el marco operativo utilizado para evaluar la credibilidad de los planes de adaptación local identificados.

INDICADORES (I#)	M#	DESCRIPCIÓN DE LAS MÉTRICAS	MÉTODO DE EVALUACIÓN
1. Financiación	M#1	¿Existe un presupuesto global asignado al plan de adaptación? (S/N)	S=1 / N=0
	M#2	¿Se han asignado presupuestos específicos para cada una de las medidas contenidas en el plan? (S/N)	S=1 / N=0
	M#3	¿Se ha financiado la creación del plan con recursos propios? (S/N)	S=1 / N=0
	M#4	¿Asegura el plan, total o parcialmente, la financiación para la implementación de las medidas propuestas? (S/N)	S=1 / N=0
2. Coherencia	M#5	Porcentaje del presupuesto del plan en relación al presupuesto total municipal del año de aprobación	1 si $\geq 5\%$; 0 si $< 5\%$
	M#6	Número de medidas (N) contenidas en el plan con asignación presupuestaria	1 si $N \geq 17$ y $M\#4=1$, 1 si $N < 17$ y $M\#4=0$, 0 si $N \geq 17$ y $M\#4=0$
3. Priorización y planificación temporal	M#7	¿Establece el plan un calendario para la implementación de las medidas de adaptación? (S/N)	S=1 / N=0
	M#8	¿Establece el plan una priorización o algún criterio para la priorización en la implementación de las medidas? (S/N)	S=1 / N=0
	M#9	¿Muestra el plan capacidad para evaluar la priorización de las medidas identificadas? (S/N)	S=1 / N=0
4. Experiencias anteriores	M#10	¿Ha sido el plan de adaptación revisado?	Revisado=1/ No revisado=0
	M#11	Experiencia en políticas de mitigación del cambio climático.	
	M#11.1	¿Se ha implementado algún plan de mitigación o está siendo implementado? (S/N)	S=1 / N=0
	M#11.2	¿Hay evidencias sobre la reducción de emisiones como resultado del plan de mitigación? (S/N)	S=1 / N=0
	M#12	¿Existe algún antecedente de rechazo de políticas ambientales anteriores o de organismos institucionales ambientales? (S/N)	S=0 / N=1
5. Distribución de responsabilidades	M#13	¿Ha sido el plan elaborado por el propio ayuntamiento? (S/N)	S=1 / N=0
	M#14	¿Asigna el plan un/a coordinador/a para la fase de implementación? (S/N)	S=1 / N=0
	M#15	Asignación de responsables por medidas:	
	M#15.1	¿Asigna el plan a las personas responsables de cada medida? (S/N)	S=1 / N=0
M#15.2	¿Se citan escalas competenciales inferiores en la asignación de responsabilidades en la implementación de las medidas? Ejemplo: si la responsabilidad es de una dirección general, o si esta recae en subdivisiones (S/N)	S=0 / N=1	
6. Opinión pública	M#16	¿Está la ciudadanía preocupada (no es solo consciente) sobre el cambio climático según las últimas encuestas? (S/N)	S=1 / N=0 (Si depende de si el 50% o más de la población está concienciada por el cambio climático)
7. Legislación y naturaleza normativa	M#17	¿Se ha desarrollado el plan en respuesta a algún marco legislativo estatal o autonómico específico que obligue a su desarrollo? (S/N)	S=1 / N=0
	M#18	¿Se compone el plan de un conjunto de recomendaciones o, por el contrario, se compromete a la implementación de sus medidas?	0 si 'son una serie de recomendaciones'; 1 si 'se compromete a su implementación'

INDICADORES (I#)	M#	DESCRIPCIÓN DE LAS MÉTRICAS	MÉTODO DE EVALUACIÓN
8. Participación en redes	M#19	¿Se encuentra el ayuntamiento comprometido con alguna red climática internacional o nacional que incluya la transferencia de conocimiento, compromiso o capacitación relacionados con la adaptación?	S=1 / N=0
	M#20	¿Está el plan enmarcado en un plan/política/programa de nivel superior (por ejemplo, estatal o autonómico)? (S/N)	S=1 / N=0
	M#21	¿Ha sido el plan liderado por un agente institucional de reconocido prestigio en el cambio climático? (S/N)	S=1 / N=0
9. Liderazgo y apoyo	M#22	¿Existe un organismo público municipal dedicado al cambio climático? (S/N)	S=1 / N=0
	M#23	¿Existen otros organismos públicos de apoyo a nivel estatal o autonómico (S/N)	S=1 / N=0
	M#24	¿Hay grupos del tercer sector o del sector privado que han apoyado o que apoyen el plan? (por ejemplo, ONG)? (S/N)	S=1 / N=0
	M#25	¿Desarrolla el plan una evaluación de riesgos? (S/N)	S=1 / N=0
10. Evaluación de impactos y vulnerabilidad	M#26	¿Cuál es la escala espacial en la evaluación de riesgos? (nivel ciudad, distrito o barrio)	'Nivel de barrio' o 'nivel de Distrito' = 1; Nivel de ciudad = 0
	M#27	¿Existe una evaluación de riesgos en cascada? (S/N)	S=1 / N=0
	M#28	Riesgos futuros:	
	M#28.1	¿Se han tenido en cuenta en el plan escenarios climáticos futuros? (S/N)	S=1 / N=0
	M#28.2	¿Se han tenido en cuenta escenarios sociales y económicos? (S/N)	S=1 / N=0
	M#29	¿Se ha identificado y evaluado una lista previa de alternativas de adaptación? (S/N)	S=1 / N=0
11. Evaluación de opciones de adaptación	M#30	¿Están las acciones de adaptación relacionadas con el impacto y el nivel de riesgo identificado (es decir, se definen para eliminar un nivel de riesgo específico)? (S/N)	S=1 / N=0
	M#31	¿Se consideran los siguientes criterios en la evaluación de acciones?	
	M#31.1	Eficacia (S/N)	S=1 / N=0
	M#31.2	Eficiencia (beneficios / costes) (S/N)	S=1 / N=0
	M#31.3	Integración con objetivos sociales más amplios (S/N)	S=1 / N=0
	M#31.4	Sostenibilidad ambiental (por ejemplo, implementando la evaluación ambiental estratégica) (S/N)	S=1 / N=0
	M#31.5	Flexibilidad y robustez (en diferentes escenarios) (S/N)	S=1 / N=0
	M#31.6	Planificación temporal (S/N)	S=1 / N=0
	M#31.7	Maladaptación (incluyendo contrapartidas en mitigación) (S/N)	S=1 / N=0
	M#31.8	Recursos disponibles (incluyendo información, finanzas, liderazgo, capacidad de gestión) (S/N)	S=1 / N=0
12. Procesos de monitorización, evaluación y reporte (MER)	M#32	¿Contempla el plan una evaluación o consideración de barreras potenciales para la adaptación? (S/N)	S=1 / N=0
	M#33	¿Contempla el plan un proceso de monitorización, evaluación y reporte (MER)? (S/N)	S=1 / N=0
	M#34	¿Asigna específicamente una persona responsable para el proceso MER? (S/N)	S=1 / N=0
	M#35	¿Se ha asignado al proceso MER un presupuesto concreto? (S/N)	S=1 / N=0
	M#36	¿Identifica el plan objetivos e indicadores de monitorización? (S/N)	S=1 / N=0
	M#37	¿Establece el plan un método y / o proceso para evaluar los resultados del proceso de monitorización? (S/N)	S=1 / N=0
	M#38	¿Existe una obligación de reportar la evolución y seguimiento del plan a alguna autoridad u organización de nivel superior a través de un proceso oficial? (S/N) (Por ejemplo, Pacto de los Alcaldes)	S=1 / N=0

INDICADORES (I#)	M#	DESCRIPCIÓN DE LAS MÉTRICAS	MÉTODO DE EVALUACIÓN
13. Mecanismos de aprendizaje	M#39	¿Define el propio plan un proceso propio de reajuste de acuerdo con los resultados del MER o nuevos escenarios? (S/N)	S=1 / N=0
	M#40	¿Contempla este proceso de reajuste un conjunto de indicadores / métricas de advertencia? (S/N)	S=1 / N=0
	M#41	¿Asigna el plan específicamente una persona responsable para el proceso de reajuste? (S/N)	S=1 / N=0
14. Incertidumbre	M#42	¿Contempla el plan la incertidumbre tanto en su diseño como en la evaluación y selección de las opciones de adaptación (medidas de bajo arrepentimiento, diferentes escenarios)	1 si M#25 =1, o M#31.5=1, o M#39=1; 0 si M#25 =0, y M#31.5=0, y M#39=0;
15. Transparencia y diálogo	M#43	¿Se describe el proceso completo de elaboración del plan (diagnóstico, alcance, desarrollo y posterior aprobación), en el propio documento del plan o en un documento público? (S/N)	S=1 / N=0
	M#44	¿Se menciona en el documento a las personas involucradas en el proceso de creación del plan (en algún rol como desarrolladores, diseñadores o participantes)? (S/N)	S=1 / N=0
	M#45	¿Se menciona en el plan o en cualquier otro documento adjunto qué tipo de información (científica o de otro tipo) se ha generado y utilizado en la elaboración del plan? (S/N)	S=1 / N=0
	M#46	¿Han participado diferentes áreas municipales en el diseño del plan (S/N)?	S=1 / N=0
	M#47	¿Se ha expuesto formalmente el plan en un período de información pública y alegaciones? (S/N)	S=1 / N=0
16. Participación de agentes de interés y sociedad civil	M#48	¿Contó la elaboración del plan con un proceso de participación con las partes interesadas (incluidas otras áreas) y organizaciones civiles? (S/N)	S=1 / N=0
	M#49	¿El proceso de participación incluyó a la ciudadanía en general? (S/N)	S=1 / N=0
	M#50	¿Existe una evidencia clara sobre la experiencia que pudieron aportar los/las participantes en el proceso de participación del plan? (S/N)	S=1 / N=0
17. Equidad y justicia	M#51	¿Hay evidencias de que el plan tenga en cuenta a la población más vulnerable ante el cambio climático y contemple medidas de adaptación acorde a sus necesidades? (S/N)	S=1 / N=0
	M#52	¿Participaron en la elaboración del plan representantes de los grupos más vulnerables o grupos de apoyo social? (S/N)	S=1 / N=0
	M#53	¿Presenta el plan una descripción completa de las personas beneficiarias de las medidas de adaptación propuestas? (S/N)	S=1 / N=0

COLABORACIONES

V.
**LA EXPERIENCIA EUROPEA EN MATERIA
DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA**

Resumen (***)

El presente artículo proporciona un análisis actualizado de los elementos fundamentales a considerar en el diseño de la Ley española de Cambio Climático y Transición Energética, basándose en las experiencias de la ley climática del Reino Unido de 2008 y en la ley de transición energética francesa de 2015. A continuación, el artículo analiza las propuestas de acción climática presentadas por el Partido popular (PP), por Unidas Podemos (UP) y por el Partido Socialista Obrero Español (PSOE), así como el apoyo de los partidos políticos y de los ciudadanos españoles a los elementos esenciales de las leyes climáticas expuestas en la primera parte del artículo. Más allá del debate político enconado, el artículo concluye que hay espacio para el consenso en el diseño de la Ley sobre Cambio Climático y Transición Energética. Dicho consenso puede surgir incluso si persisten los desencuentros relativos a los instrumentos de política climática para alcanzar la descarbonización.

Palabras clave: cambio climático, transición energética, legislación climática.

Abstract

Building on the experiences of the UK's Climate Change Act (2008) and the French Energy Transition law (2015), this article presents and updated analysis of the key elements that can be considered in the design of Spain's upcoming Climate Change and Energy Transition Law. The article then analyses the legislative proposals for such a law presented by the conservative party (*Partido Popular, PP*), *Unidas Podemos (UP)* and the socialist party (*Partido Socialista Obrero Español, PSOE*). It also discusses political and citizen support for the key elements of a climate law as discussed in the first part of the article. The article concludes that beyond the acrimonious political debate consensus on the design of the core elements of the law is possible even if disagreement can be expected regarding the specific climate policy instruments.

Keywords: climate change, energy transition, climate change law.

JEL classification: K32, Q40.

LEGISLANDO PARA LOGRAR UNA TRANSICIÓN BAJA EN CARBONO: EXPERIENCIAS EN REINO UNIDO, FRANCIA Y ESPAÑA

Alina AVERCHENKOVA (*)

Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment

Lara LÁZARO TOUZA (**)

Centro de Enseñanza Superior Cardenal Cisneros

I. INTRODUCCIÓN

La adopción en diciembre de 2015 del Acuerdo de París sobre el cambio climático ha marcado un cambio importante en la gobernanza de la crisis climática (p. ej., Falkner, 2016; Fay et al., 2015), ya que la comunidad internacional ha asumido el compromiso de mantener la temperatura global decididamente por debajo de los 2 °C y realizar esfuerzos para limitar aún más dicho calentamiento del planeta hasta los 1,5 °C respecto de los niveles preindustriales, con el objetivo de lograr una transición global hacia las emisiones netas cero en la segunda mitad de este siglo. Además, se ha acordado alinear los flujos financieros con los objetivos en materia de clima.

No obstante, los compromisos en cuanto a reducción de emisiones suscritos por los diversos países en sus respectivas contribuciones determinadas a nivel nacional (*nationally determined contributions, NDCs*) siguen estando claramente por debajo de los niveles compatibles con escenarios que nos darían una probabilidad real de mantener el incremento de la temperatura por debajo de los 2 °C (Rogelj et al., 2016; Rockström et al., 2016; UNEP, 2016). Simultáneamente, para mantener el incremento de

la temperatura global por debajo de 1,5 °C y evitar depender de futuros planes de retirada de dióxido de carbono a gran escala, será imprescindible que las emisiones de CO₂ a nivel global empiencen a descender mucho antes de 2030 (IPCC, 2018).

El éxito en la implementación del Acuerdo de París requiere que los objetivos suscritos a nivel internacional a través de las *NDCs* se encuentren plenamente integrados en los marcos legislativos y de política nacionales. Pero también requiere una profunda transformación política en cuanto a cómo los países abordan la acción climática y definen sus ambiciones. En este contexto, tener una legislación climática marco a nivel nacional es clave para consolidar el apoyo político a la agenda de acción climática, pero es también esencial para la implementación de las *NDCs* y la evaluación del progreso de los países, así como para ser más ambiciosos en el futuro. Aunque se han logrado avances en estas áreas a lo largo de los últimos años, aún queda mucho trabajo por hacer. Muchos países están desarrollando y adoptando nuevas leyes, o fortaleciendo sus leyes y políticas existentes, todo ello con el objetivo de hacer que sean consistentes con el Acuerdo de París.

Durante las dos últimas décadas se ha producido un in-

crecimiento sostenido del número de leyes y decisiones ejecutivas sobre cambio climático aprobadas en todo el mundo. De acuerdo con la base de datos *Climate Change Laws of the World* (GRI, 2019), a 30 de noviembre de 2019 existían más de 1.800 leyes nacionales y decisiones ejecutivas que abordaban aspectos con relevancia directa para el cambio climático (p. ej., estrategia y objetivos climáticos, adaptación, mitigación, energía baja en carbono, agricultura y otros sectores). Dicho de otro modo, el volumen de legislación se ha multiplicado por más de veinte en los últimos veinte años (1), con un crecimiento notable en los países en desarrollo en los últimos años (Nachmany *et al.*, 2017). En total, en noviembre de 2019, el 42 por 100 de los elementos de la base de datos *Climate Change Laws of the World* correspondía a legislación, mientras que el 58 por 100 restante eran políticas ejecutivas. En 2017, más del 70 por 100 de las emisiones globales de gases de efecto invernadero y el 76 por 100 de la población estaban cubiertos o bien por leyes climáticas nacionales de carácter vinculante o bien por estrategias ejecutivas con un organismo coordinador claramente definido, mientras que la legislación sobre el clima por sí sola cubría el 44 por 100 de las emisiones y el 36 por 100 de la población. En ese mismo año, el 76 por 100 de los países contaba con algún tipo de objetivo nacional de emisiones, frente al 23 por 100 en 2012 (Lacobuta *et al.*, 2018).

La primera ley climática integral en introducir objetivos jurídicamente vinculantes en cuanto a emisiones de gases de efecto invernadero fue la *Climate Change Act* del Reino Unido de 2008

(The Climate Change Act 2008 [c 27, 2008]). La ley francesa de transición energética de 2015 fue la primera ley nacional en requerir que los gestores de activos informasen sobre el riesgo relacionado con el clima. La Ley General sobre Cambio Climático de México de 2012 fue modificada en 2018 para hacerla consistente con el Acuerdo de París y las NDCs, mientras que la legislación climática sueca de 2017 incluye uno de los objetivos más ambiciosos integrados en una ley, como es el de alcanzar las emisiones netas cero para 2045. Algunos otros ejemplos de legislación climática marco incluye las leyes adoptadas por Finlandia (2015), Noruega (2017), Kenia (2016) e Irlanda (2015). Más recientemente, Nueva Zelanda adoptó en noviembre de 2019 una Ley de Respuesta al Cambio Climático (Carbono Cero) (2019), que, entre otras cosas, estableció un objetivo de neutralidad climática para 2050 en todos los gases de efecto invernadero (GEI) excepto el metano biogénico. A la hora de redactarse este artículo, varios países, incluyendo España, Sudáfrica y Chile, estaban en proceso de desarrollar leyes climáticas marco y de transición energética. El presente artículo analiza las experiencias y desarrollos recientes en el ámbito de la legislación climática y la transición energética en el Reino Unido, Francia y España, con la pretensión de servir de referencia para otros países.

II. LEY BRITÁNICA SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO

1. Contexto

Tras aprobar la *Climate Change Act* (CCA) en 2008, el Reino Unido se convirtió en el primer

país en legislar sobre objetivos nacionales de reducción de emisiones y es hasta la fecha uno de los países con una ley nacional más completa de todo el mundo. La adopción de la CCA fue posible gracias al firme compromiso político existente entonces con la agenda sobre cambio climático, que se plasmó, entre otras cosas, en la inclusión de este tema por el Reino Unido en la agenda de la cumbre del G8 que dicho país acogió en Gleneagles en 2005, y en la publicación de un influyente informe, *The Economics of Climate Change: The Stern Review* (Stern, 2007), encargado por el Gobierno británico. La existencia de un consenso político transversal sobre la importancia de actuar para combatir el cambio climático queda de manifiesto en los solamente tres votos en contra del proyecto de ley climática durante la segunda y la tercera ronda de su tramitación en el Parlamento (Fankhauser, Averchenkova y Finnegan, 2018).

Pasados diez años desde su aprobación, el andamiaje de la ley contiene los elementos clave requeridos para implementar el Acuerdo de París: un objetivo de emisiones a largo plazo, disposiciones para el aumento progresivo de la ambición, mecanismos para desarrollar políticas y actuaciones de adaptación y mitigación y evaluar su efectividad, y un proceso obligatorio de seguimiento del progreso. La ley ha «sobrevivido» a cuatro cambios de gobierno y ha jugado un papel importante en mantener el compromiso político con la política climática durante los *shocks* políticos y económicos que han afectado al Reino Unido a lo largo de los últimos diez años (Fankhauser, Averchenkova y Finnegan, 2018). La ley fue modificada en 2019 para hacer

que el objetivo de reducción de emisiones a largo plazo fuera consistente con el Acuerdo de París, es decir, alcanzar las emisiones netas cero para 2050.

2. Marco institucional: mandatos clave y definición de responsabilidades

Si bien las principales instituciones gubernamentales responsables de combatir el cambio climático ya estaban constituidas antes de la adopción de la ley, la CCA define las funciones y facultades generales del gobierno respecto a las políticas de cambio climático, establece un órgano consultivo independiente —el Comité de Cambio Climático (CCC)— y aclara los mandatos de los principales actores. La coordinación de la implementación de la ley y de la política general sobre cambio climático compete a la Secretaría de Estado, que recibe el mandato legal de presentar propuestas sobre presupuestos de carbono y políticas para su consecución, previa consulta a las autoridades nacionales relevantes y los gobiernos regionales y locales.

La creación de un CCC ha sido la principal originalidad de la ley, imitada posteriormente en otros países. El CCC es un órgano público no gubernamental independiente formado por ocho expertos técnicos y dotado de su propio presupuesto y secretaría, con un presupuesto anual medio de 3,7 millones de libras esterlinas. El mandato del comité abarca tanto la mitigación como la adaptación (a través de su Subcomité de Adaptación). Su presidente es nombrado por un período de cinco años por el primer ministro británico, mientras

que los miembros del comité son nombrados por el secretario de Estado responsable, atendiendo a su reconocida competencia técnica y no a su adscripción o representación de determinados grupos de interés. En los diez años desde su creación, el CCC se ha labrado una reputación como un proveedor creíble de análisis que es utilizado por políticos, expertos gubernamentales, el sector privado y periodistas.

Un reciente estudio constató que la evidencia procedente del CCC es utilizada a lo largo de todo el espectro político del Reino Unido para materias que van más allá de la CCA, figurando destacadamente en los debates parlamentarios sobre nueva legislación relativa a, entre otros asuntos, energía, infraestructura, agua y *brexít* (Averchenkova, Fankhauser y Finnegan, 2018). El comité tiene un claro mandato definido en la ley, que consiste en asesorar al Gobierno sobre futuros presupuestos de carbono y evaluar el grado de progreso en su consecución. De forma importante, la ley exige al Gobierno que responda a las recomendaciones del CCC, lo cual hace difícil que desoiga su asesoramiento (Fankhauser, Averchenkova y Finnegan, 2018).

Una característica clave de la ley es el *mecanismo que garantiza la rendición de cuentas* por parte del Gobierno sobre su implementación. La ley exige que el secretario de Estado desarrolle propuestas de políticas y planes de cara a la implementación del presupuesto de carbono. Además, el secretario de Estado debe comparecer ante el Parlamento con una declaración anual sobre emisiones de gases de efecto invernadero. El CCC tiene la obligación de elaborar un informe

anual sobre el estado de implementación de los presupuestos de carbono y evaluar si el Gobierno va camino de cumplirlos o si son necesarios progresos adicionales. El Gobierno también está obligado a informar cada cinco años sobre los riesgos para el Reino Unido del cambio climático y a publicar un programa describiendo cómo se afrontarán dichos impactos. Los informes de progreso sobre la adaptación son elaborados por el CCC cada dos años, y se presentan asimismo ante el Parlamento. Como se ha señalado más arriba, el secretario de Estado tiene el deber de presentar al Parlamento la respuesta detallada a los informes del CCC dentro de unos plazos claramente especificados en la ley. Este deber de informar periódicamente mantiene la política climática dentro de la agenda pública, garantiza la transparencia y la rendición de cuentas sobre el progreso (Fankhauser, Averchenkova y Finnegan, 2018; ClientEarth, 2016) y asegura una mayor eficacia de las actuaciones del órgano independiente (Averchenkova, 2019).

3. Objetivos y aumento de ambición

En su redacción original, la ley definía *un objetivo a largo plazo de reducción de emisiones a nivel de toda la economía* respecto a los gases de efecto invernadero, al objeto de situarlos «al menos» un 80 por 100 por debajo de los niveles de 1990. Este objetivo se fijó basándose en la información científica más reciente presentada en el *Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático* (IPCC, 2007) y en una evaluación de lo que se considera una contribución

justa del Reino Unido al objetivo internacional de mantener una probabilidad del 50 por 100 de limitar el incremento de la temperatura media global a menos de 2 °C (CCC, 2008). El objetivo se modificó en 2019 para alcanzar las emisiones netas cero en 2050 basándose en el asesoramiento del CCC.

Otra característica innovadora de la ley es el establecimiento obligatorio de *presupuestos de carbono* quinquenales, un mecanismo que fija metas sucesivas a medio plazo con doce años de antelación, con el fin de alcanzar los objetivos de emisiones a largo plazo de manera coste efectiva. Este requisito de que los presupuestos se establezcan con antelación es clave para otorgar al sector privado suficiente tiempo de adaptación y para despolitizar los presupuestos de CO₂ evitando la interferencia de los cálculos electoralistas a corto plazo en su votación. A día de hoy se han aprobado cinco presupuestos de carbono hasta 2032, limitando el último de ellos las emisiones anuales hasta el 57 por 100, de media, por debajo del nivel de 1990. En la práctica, el sistema de presupuestos de carbono permite aumentar progresivamente la ambición desde 2008 hacia el objetivo de 2050, siendo el primer mecanismo de esta clase que se implementa a nivel nacional para las emisiones de gases de efecto invernadero.

4. Enfoque flexible para la elaboración de políticas

Los objetivos de emisiones se fijan a nivel nacional, y los mecanismos de implementación previstos en la ley se centran en las agencias gubernamentales

nacionales (p. ej., BEIS y DEFRA) sujetas a supervisión por el Parlamento. No obstante, la ley estableció un mandato para que las administraciones descentralizadas (Escocia, Gales e Irlanda del Norte) adoptasen sus propias políticas e implementasen objetivos nacionales, si bien no prevé disposiciones equivalentes en el ámbito de los municipios, ciudades y regiones inglesas (Fankhauser, Averchenkova y Finnegan, 2018). Escocia y Gales han adoptado sus propias leyes y políticas climáticas, que se inspiran e interactúan con la CCA. La ley específica, no obstante, que el secretario de Estado debe considerar las opiniones de las demás autoridades nacionales a la hora de modificar el objetivo de 2050 o de determinar los niveles de los presupuestos de carbono.

Es interesante observar que la ley, en lugar de prescribir *per se* un instrumento de política, pone el foco en los procesos para determinar y aplicar las políticas. De ese modo, deja flexibilidad al Gobierno para elegir las políticas conducentes a alcanzar los presupuestos de carbono. Dicha flexibilidad fue una decisión estratégica adoptada de inicio, y forma parte integral del diseño de la ley. Como se ha comentado, el Gobierno esboza las políticas clave en su informe sobre las actuaciones propuestas para cumplir el presupuesto de carbono. La ley también impone un ciclo quinquenal de Evaluaciones de Riesgo de Cambio Climático, seguidas del desarrollo de un Programa de Adaptación Nacional. Es precisamente en esta flexibilidad frente a la prescripción de políticas y medios para alcanzar una transición baja en carbono y resiliente al clima donde la ley británica difiere de la ley francesa de transición ener-

gética, que establece niveles concretos de impuestos al carbono. Pero la flexibilidad tiene una contrapartida: el riesgo de incumplir los objetivos de emisiones. Dicho riesgo suscitaba creciente preocupación en el Reino Unido en el momento de redactar este artículo, pues se anticipaba que el Reino Unido tendría dificultades para cumplir los objetivos de emisiones fijados en los presupuestos de carbono 4.º y 5.º dadas las políticas previstas en la Estrategia de Crecimiento Limpio del Gobierno (Committee on Climate Change, 2019).

5. Evaluación global

Un estudio reciente analizó el impacto de la ley tomando como base las entrevistas realizadas a altos cargos políticos, legisladores, expertos del sector privado y de la sociedad civil que habían participado en el diseño y la implementación de la ley (Fankhauser, Averchenkova y Finnegan, 2018). Entre otras cosas, concluyó que la ley ha sido decisiva para mantener el respaldo político a la ambición a largo plazo del Reino Unido, aunque el compromiso con las respectivas políticas climáticas ha variado. También observó que la ley ha mejorado la calidad del debate político sobre el cambio climático, definiendo calendarios y procedimientos claros para la fijación de objetivos, el escrutinio y la información al Parlamento, mientras que los informes elaborados por el Comité de Cambio Climático han sentado las bases de una evidencia empírica incontestable. Durante los últimos diez años, el sector eléctrico del Reino Unido se ha transformado, y la aportación de las fuentes bajas en carbono al *mix* de electricidad ha superado el 53 por 100 en el segundo trimestre de 2018, desde

cerca de un 20 por 100 en 2008. Se consideró que la ley había sido una palanca clave en impulsar esta transformación, ayudando al Reino Unido a desvincular el volumen de emisiones de la evolución del PIB (2). El marco creado por la ley y la experiencia del Reino Unido en desarrollar e implementar la legislación conformaron las bases del intenso papel internacional jugado por el Reino Unido. Sirvió como inspiración a otros países y ayudó al Reino Unido a asumir un liderazgo más fuerte en materia de cambio climático a nivel internacional (*ibid*).

Ahora bien, aunque la ley genera certeza sobre los objetivos de reducción de emisiones, no hace lo mismo con las políticas subyacentes para conseguir dichos objetivos, siendo incapaz de suplir por sí sola la ausencia de compromiso político y de un liderazgo más sólido (Fankhauser, Averchenkova y Finnegan, 2018). Esto es particularmente importante, dado que la ley deja a la discreción del Gobierno el diseño de las políticas subyacentes. En este contexto, el éxito continuado de la ley dependerá del liderazgo político sobre cambio climático y de un respaldo continuado de todo el espectro político. Esta dependencia del liderazgo y el apoyo político puede dar lugar a que surja la pregunta de si la ley sigue siendo adecuada para que el Gobierno cumpla con los objetivos de la misma o si se necesitan reformas para asegurar el cumplimiento de los objetivos climáticos. Las entrevistas a expertos muestran que la infraestructura de la ley (*Climate Change Act*) proporciona la transparencia, el escrutinio y la rendición de cuentas, además de análisis creíbles e independientes proporcionados por el Comité de Cambio Climático (*ibid*). La arquitectura de la ley

también considera la posibilidad de que haya un control judicial, que podría activarse en caso de que el Gobierno no cumpliera con los presupuestos de carbono en tiempos venideros.

De cara al futuro, el Reino Unido se enfrenta al reto de asegurar que la próxima fase de su implementación conduzca a la reducción de emisiones requerida conforme se vayan abordando las emisiones desde los sectores que entrañan mayor dificultad, como el de calefacción, transporte y agricultura. El principal riesgo es mantener el consenso político a medida que se abordan esos sectores más desafiantes. Sería también importante reforzar las salvaguardas para evitar una marcha atrás por parte del Gobierno, por ejemplo, introduciendo cronogramas legales para la publicación de los planes para cumplir con el próximo presupuesto de carbono (*ibid*). Acoger y presidir la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP26) en Glasgow en noviembre de 2020, así como la Asamblea Ciudadana del Reino Unido, también en 2020, podría proporcionar el impulso que se necesita a la política climática del Reino Unido.

III. LA LEY FRANCESA DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA PARA EL CRECIMIENTO VERDE

1. Contexto

En 2015, Francia aprobó la *Loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte* (Ley de transición energética para el crecimiento verde, o, abreviadamente, LTE) tras un proceso de dos años de consultas públicas y deba-

te. El presidente Hollande anunció la preparación del proyecto de ley durante su candidatura a las elecciones presidenciales en 2012. El texto final de la ley fue el resultado de 150 horas de negociaciones en sede parlamentaria y de más de 5.000 enmiendas presentadas en las audiencias públicas, de las cuales 970 fueron aceptadas (Euroactive, 2015; Collin, 2017). Es, por tanto, una ley muy compleja y ambiciosa, que tiene como propósito abordar la transición energética y el cambio climático englobando diversos sectores de la economía (Dreyfus y Allemand, 2018).

La mayoría de los decretos de ejecución que desarrollan la ley se adoptaron para noviembre de 2016. No obstante, las dificultades han radicado en su lenta implementación, en particular en términos de guía y compromiso desde las instancias de gobierno más altas hasta los niveles inferiores (Dreyfus y Allemand, 2018). Según un reciente análisis, Francia incumplirá previsiblemente sus objetivos de 2020, aunque los objetivos para 2030 y 2050 siguen siendo alcanzables (*ibid*).

Como continuación a la ley de transición energética, Francia aprobó en junio de 2019 una nueva ley sobre energía y clima (Loi N 2019-1147), instrumento que legisla sobre el objetivo de neutralidad en carbono para 2050 y fija una serie de objetivos cuantificables para el sector de la energía.

2. Sistema institucional: monitorización, responsabilidades y participación de las partes interesadas

La ley de transición energética robusteció las instituciones ya

existentes y creó algunas nuevas para apoyar la política sobre cambio climático y transición energética baja en carbono. De forma similar a la ley británica, establece un *órgano consultivo independiente*: el Comité de Expertos para la Transición Energética, formado por cinco expertos en energía y clima independientes. El comité es responsable de la monitorización y evaluación de las estrategias y planes elaborados por el Gobierno con el fin de implementar la ley sometidos a consulta durante la elaboración del presupuesto de carbono y la estrategia baja en carbono. No obstante, no se ha asignado un presupuesto específico para financiar la contribución de los expertos (Duwe *et al.*, 2017). Otra debilidad del sistema francés en comparación con el británico es que no impone al Gobierno el requisito legal de responder a las opiniones del comité, las cuales se remiten al Parlamento para ser consideradas como parte de los debates. Esta ambigüedad en cuanto al mandato y el estatus del asesoramiento prestado por el órgano de expertos reduce su efectividad (Rüdinger, 2017).

El sistema de seguimiento e información de las emisiones de gases de efecto invernadero en Francia es muy complejo e incluye varios mecanismos, que la ley no simplifica (Rüdinger, 2018). La ley ordena la elaboración de informes intermedios cada dos años y un informe de evaluación exhaustivo a ser elaborado por el Gobierno al final de cada período presupuestario para determinar si se requieren ajustes. También contempla sanciones administrativas y financieras en caso de incumplimiento de sus disposiciones (p. ej., las normas relativas a los estándares de eficiencia energética) por las

entidades implicadas. No obstante, el sistema de rendición de cuentas creado por la ley ha sido criticado por no prever la supervisión parlamentaria de la estrategia baja en carbono y del plan energético plurianual, creando el riesgo de retrocesos en el futuro. Asimismo, la monitorización y evaluación de la política se deja en manos del propio Gobierno, lo que suscita potenciales dudas sobre falta de independencia y credibilidad (*ibid*).

La adopción de la ley vino precedida por un largo e intenso proceso de *participación y consulta con grupos de interés* que se materializó en el denominado proceso *Grenelle* en 2007-2010, el cual desarrolló un innovador modelo de trabajo común con cinco clases de partes diferentes: el Estado, las autoridades locales, el sector empresarial, los sindicatos y las ONG relacionadas con el medio ambiente (Rüdinger, 2018). No obstante, se criticó al Gobierno por no contar con un plan claro para incorporar las contribuciones de dichos grupos al proceso legislativo, lo que hizo que la credibilidad global de la consulta se resintiese. Para abordar este reto se creó una comisión especial de grupos de interés (*ibid*).

3. Objetivos y mecanismo de aumento de ambición

La ley francesa de transición energética establece una multitud de objetivos, entre ellos, objetivos a largo plazo sobre emisiones de gases de efecto invernadero y utilización de energía hasta 2050. Dichos objetivos están suplementados por una serie de objetivos de reducción de emisiones a medio plazo con un horizonte hasta 2030, así como objetivos

detallados en materia de producción y consumo de energía para 2030 para el conjunto de la economía y los sectores clave, objetivos de reducción de residuos y otros. Al igual que la ley británica *Climate Change Act*, la ley francesa de transición energética adopta presupuestos de carbono multianuales de una ambición progresivamente mayor para períodos sucesivos de cinco años (salvo en el caso del primer presupuesto, cuyo horizonte es de tres años). Los presupuestos de carbono para los períodos 2015-2018, 2019-2023 y 2024-2028 se publicaron en 2015, mientras que los referidos a los períodos futuros tendrán que establecerse con una antelación de al menos diez años.

El Consejo de la Energía evalúa y emite un dictamen sobre los niveles de los futuros presupuestos de carbono y sobre el progreso en la implementación del presupuesto corriente, tal como se ha explicado. Ahora bien, la ley no especifica que la revisión y el ajuste de los objetivos deberían orientarse necesariamente hacia un aumento de la ambición. Esto no es plenamente consistente con los requisitos del Acuerdo de París, que prescribe que la ambición deberá aumentar progresivamente en el tiempo. Tampoco define las circunstancias que podrán considerarse una razón justificada para activar la revisión de los niveles de los objetivos (a diferencia de la CCA británica, que enumera los factores clave que deberán tenerse en cuenta a estos efectos).

4. Procesos de políticas, instrumentos y financiación

La ley impone al Gobierno francés el mandato de desarro-

lar una estrategia nacional baja en carbono cada cinco años, la cual debería especificar el nivel de los presupuestos de carbono, una senda indicativa para alcanzar los objetivos a largo plazo y recomendaciones de política para todos los sectores. También introduce un marco de planificación multianual de la energía, que fija objetivos específicos por sectores y regiones en materia de oferta y demanda de energía para dos períodos quinquenales consecutivos. La ley detalla intervenciones de política para promover las renovables en el *mix* energético o reducir el consumo energético primario, y define una senda para el impuesto al carbono, con un aumento progresivo desde los 14,5 euros por tonelada de CO₂ en 2015 hasta 56 euros en 2020 y 100 euros en 2030. Varias disposiciones afectan a la reducción de la polución del aire, por ejemplo: un programa de transporte limpio con incentivos a la compra y uso de vehículos poco contaminantes; la reducción de los residuos; y el desacoplamiento del crecimiento económico del consumo de materias primas.

El Gobierno tiene la obligación de enviar al Parlamento un informe sobre financiación de la transición energética como parte del borrador anual de los presupuestos. Esto incluye una evaluación de las necesidades financieras para implementar la ley, la financiación pública y privada invertida y una comparación entre necesidades y recursos disponibles. La ley también crea y refuerza varios instrumentos financieros ya existentes.

Mediante el artículo 173 de la ley de transición energética, Francia se ha convertido en el primer país del mundo que in-

troduce en su legislación nacional la obligatoriedad para las sociedades gestoras de activos de *informar sobre riesgos relacionados con el cambio climático*. Esta disposición legal está considerada ampliamente como la característica más potente e innovadora del marco normativo francés. La ley obliga a los inversores institucionales a informar sobre el impacto, tanto de los riesgos físicos como de los riesgos de «transición», causados por el cambio climático en sus actividades y activos. Aunque los inversores puedan elegir qué datos comunicar, se anima a que la información sobre riesgos climáticos incluya: las consecuencias que se derivan para los activos del cambio climático y los eventos meteorológicos extremos; los cambios en la disponibilidad y el precio de los recursos naturales; los riesgos regulatorios y legales relacionados con la implementación de los objetivos climáticos nacionales e internacionales; y mediciones de emisiones, pasadas, actuales o futuras, de gases de efecto invernadero (tanto directas como indirectas). Este nuevo énfasis cumple la demanda de los inversores de mejorar la evaluación de los riesgos financieros a través de una mejor información de los riesgos relacionados con el clima a fin de lograr una asignación eficiente del capital y evitar tanto los activos varados (*stranded assets*) como la litigiosidad.

5. Evaluación general

La adopción de la ley de transición energética en Francia ha supuesto un enorme paso adelante hacia la institucionalización y consagración legal de una visión estratégica a largo plazo y de los instrumentos de pla-

nificación política clave para la descarbonización de la economía y la transformación energética. Mediante la fijación de un objetivo a largo plazo con el horizonte de 2050 y un sistema de presupuestos de carbono, complementados por objetivos de descarbonización para los diversos sectores, Francia se ha convertido también en el primer país que legisla requisitos relativos a la información sobre el riesgo climático en la comunidad inversora, una iniciativa que podría tener un impacto transformador en el mercado financiero. Esto sitúa firmemente a Francia a la vanguardia de los países con legislaciones marco climáticas y sobre transición energética baja en carbono.

No obstante, varias lagunas importantes amenazan con socavar la eficacia de la implementación de la ley, algunas de las cuales dimanan de su propio diseño, mientras que otras están relacionadas con retos de gobernanza en su ejecución. Nada más empezar a implementarse la ley, en 2015-2017, Francia ya se rezagó en varios de sus objetivos. La complejidad general de la ley y un alcance excesivamente general plantean un considerable reto de coordinación.

Otras lagunas incluyen la falta de mecanismos claros de financiación y una rendición de cuentas limitada en la implementación de la ley. Esto tiene que ver con el mandato relativamente débil concedido al Comité de Expertos sobre Transición Energética. El hecho de no exigir al Gobierno que responda a las recomendaciones del comité y de no asignar fondos específicos para el desarrollo de sus actividades reduce el impacto de su trabajo y menoscaba en general

la rendición de cuentas en la implementación de la ley.

La consagración por la ley de energía y clima de junio de 2019 del objetivo de neutralidad climática para 2050 constituye un paso importante en Francia, que alinea mejor su marco nacional con los objetivos del Acuerdo de París. Igualmente importante, dicha ley modifica el Código de la Energía, el Código Medioambiental, el Código General de autoridades locales y regionales, y otros códigos y leyes para permitir la implementación de los objetivos estratégicos marco. Otras disposiciones de la ley prevén el cierre de las cuatro últimas centrales de carbón que quedaban en Francia, medidas para mejorar la eficiencia energética en la edificación, y posibles medidas para regular el transporte internacional aéreo y marítimo. Además se introducen modificaciones en otros instrumentos normativos para aumentar el énfasis en la adaptación al cambio climático y la resiliencia y para reforzar la mitigación de sus efectos.

IV. APRENDIENDO DE LAS EXPERIENCIAS LEGISLATIVAS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO Y TRANSICIÓN ENERGÉTICA

La adopción de una legislación climática se inicia con un cuidadoso proceso de búsqueda de respaldo político. Desarrollar un relato positivo en torno a los beneficios de la legislación, así como crear una inercia política positiva, es clave para el éxito de un proceso y para evitar el antagonismo de algún sector del espectro político. La comparación de los motivadores políticos u orígenes subyacentes a la legislación

climática y sobre transición energética en Francia y el Reino Unido puede ser un ejercicio interesante del que extraer lecciones útiles. Los procesos legislativos tuvieron su impulso primario en un compromiso personal del candidato a la jefatura de Estado (Francia) y a primer ministro (Reino Unido) tras unas elecciones presidenciales y generales. En el Reino Unido, el partido conservador pretendía captar votos entre las generaciones jóvenes, y el cambio climático era un tema con capacidad de movilizar apoyos dada su penetración en la agenda internacional y la creciente preocupación pública con el cambio climático (Fankhauser, Averchencova y Finnegan, 2018). En Francia, la adopción de la ley de transición energética vino precedida de un minucioso debate sobre el concepto de transición energética con las partes interesadas, cumpliendo así la promesa electoral del presidente François Hollande. Conviene precisar, no obstante, que este debate tuvo su germen inicial en el compromiso presidencial acerca del futuro de la energía nuclear, más que en la agenda sobre cambio climático (Rüdinger, 2018).

De manera similar, los factores internacionales jugaron un papel de estímulo importante para la aprobación de la legislación climática tanto británica como francesa, lo cual está en consonancia con las conclusiones de un estudio más amplio (Fankhauser, Gennaioli y Collins, 2015), que observó que los acontecimientos internacionales, como la celebración de una conferencia internacional sobre clima, constituyen un factor coadyuvante de la legislación climática. En el Reino Unido, dicha legislación fue aprobada después de que el país asumiese la pre-

sidencia del G7, durante la cual el cambio climático ocupó un lugar prominente en la agenda, en tanto que Francia aprobó su ley justo antes de la histórica cumbre de París sobre el cambio climático de 2015.

1. Alcance, especificidad y nivel de flexibilidad frente a prescripción de políticas

El alcance de un instrumento legislativo, y la mayor o menor especificidad al prescribir políticas o características de diseño concretas en las herramientas de política para una transición baja en carbono, es una de las principales decisiones críticas que han de tomarse cuando se promueve una nueva ley. El caso del Reino Unido ejemplifica un enfoque flexible, en el que se deja al Gobierno libertad para elegir y diseñar el mejor *mix* de herramientas de política a aplicar a fin de alcanzar el presupuesto de carbono, sometido a una revisión por el Comité de Cambio Climático y a la supervisión parlamentaria. Las ventajas de este planteamiento son una mayor aceptabilidad política, gracias a la posibilidad de ajustar el rumbo en función de las cambiantes condiciones económicas y de las lecciones aprendidas. Pero este modelo requiere de la inserción dentro de la ley de claros procesos institucionales y calendarios vinculantes sobre la forma en que el Gobierno debe responder al mandato de desarrollar políticas detalladas. La ausencia de dichos calendarios vinculantes sobre los planes y políticas a implementar ha hecho que aumente el riesgo de regresión, o marcha atrás, tal como demuestra la experiencia reciente en el Reino Unido con el quinto presupuesto de carbono y la actual brecha

identificada por el CCC entre las políticas implantadas y el objetivo incluido en los presupuestos de carbono (Fankhauser, Averchenkova y Finnegan, 2018).

En general, un enfoque flexible podría resultar más apropiado en jurisdicciones que posean buena capacidad técnica de su poder ejecutivo para desarrollar políticas y una sólida rendición de cuentas del Gobierno ante el poder legislativo. La coordinación de la implementación aún no ha presentado un serio reto en el Reino Unido, pues los primeros diez años de implementación han girado en torno al sector de la energía, integrado en el mismo ámbito ministerial que el cambio climático. De cara al futuro, la coordinación con otros departamentos gubernamentales deberá ser más estrecha, y será entonces cuando la adecuación del modelo flexible se verá puesta a prueba.

Francia, en cambio, adopta un enfoque prescriptivo, según el cual la propia ley de transición energética no solo determina los objetivos e instrumentos de política generales, sino que también fija el nivel del precio del carbono en el tiempo, dicta objetivos para varios sectores, como los de la energía, el transporte, etc. La elección de este enfoque refleja la tradición de gobierno en Francia, un país históricamente más centralista. Aunque por un lado este enfoque presente mayor certeza al incluir los objetivos y políticas clave dentro del texto de la ley, su debilidad estriba en la dificultad y el tiempo que lleva negociar la ley y su menor capacidad potencial de corregir el rumbo en caso de necesitarlo en el futuro. Si se opta por él, un modelo prescriptivo de legislación debería incluir un mecanismo claro de ajuste y definir

de manera transparente los principales factores o las circunstancias que podrían justificar un cambio y el proceso para acordarlo.

Otra elección política inicial relacionada atañe al nivel de complejidad de una ley marco o de un paquete de actos ejecutivos. En la búsqueda de un alcance amplio, es conveniente considerar los esfuerzos adicionales necesarios, y por tanto las eventuales demoras, para acordar la ley, así como el problema práctico de intentar cubrir demasiado. Valga como muestra de esto último el caso de Francia, que corre el riesgo de sobrecargar la legislación con un excesivo nivel de detalles técnicos y convertir el proceso de adopción de la ley en algo complejo y dilatado en el tiempo (Rüdinger, 2018). No obstante, es importante asegurar que no existan grandes lagunas en cuanto a la cobertura. Una de esas lagunas tiene que ver, por ejemplo, con la cobertura de la adaptación. En el Reino Unido, las disposiciones sobre evaluación de riesgos y adaptación forman parte del cuerpo principal de la legislación, pero condujeron a un peor historial de implementación comparado con la mitigación (Fankhauser, Averchenkova y Finnegan, 2018). La ley francesa de transición energética deja la adaptación fuera del alcance de la ley y las lagunas se cubren parcialmente a través de la nueva ley de energía y clima de 2019. En general, hasta la fecha se han realizado escasos análisis acerca de las experiencias de legislación sobre adaptación.

2. Mandatos institucionales, supervisión parlamentaria y rendición de cuentas

La claridad de los mandatos institucionales y del alcance de

las principales funciones de gobernanza en materia de clima y transición energética conferidas por esos mandatos son los factores esenciales para la eficacia de los instrumentos legislativos (y, de forma análoga, de los paquetes de actos ejecutivos). Dependiendo de las circunstancias nacionales, los principales componentes del esquema institucional general pueden existir de antemano y estar determinados por legislación o regulación ejecutiva anterior, como en el caso de Francia y Reino Unido. Las leyes climáticas marco y sobre transición energética en dichos países se centran en aclarar los mandatos de las instituciones existentes y en formular los nuevos mandatos emanados de la ley, así como en crear nuevas instituciones allí donde existan lagunas. En particular, esto último implica establecer nuevos órganos asesores y consultivos independientes. En aquellos países con lagunas en cuanto al marco institucional general para abordar el clima o la transición energética, las principales características de tal marco podrían ser incluidas en la legislación.

Un reto común para todos los marcos legislativos y ejecutivos radica en la aplicación y la rendición de cuentas sobre la implementación, para lo que la supervisión parlamentaria puede ser una palanca clave. El modelo británico mantiene una estrecha supervisión parlamentaria sobre las políticas propuestas de cara a la implementación de los presupuestos de carbono, y el grado de éxito real en la implementación. Un mecanismo de rendición de cuentas básico es un informe anual por parte del Gobierno, cuyo principal incentivo de cumplimiento es la amenaza de examen judicial. En Francia,

la ausencia de una supervisión parlamentaria se ha destacado como debilidad de los mecanismos de rendición de cuentas.

Otra característica principal de los mecanismos de rendición de cuentas es la evaluación y consulta independiente, si bien sus resultados no son igualmente satisfactorios en todas las jurisdicciones. Estudios previos argumentan que entre los factores determinantes del éxito relativo de los órganos asesores independientes están el establecimiento de un mandato claro para el órgano; la exigencia formal para que el Gobierno responda a las contribuciones de dicho órgano; la asignación de un presupuesto predecible para financiar sus actividades; su naturaleza independiente del Gobierno (desde el punto de vista financiero y administrativo); el grado de supervisión parlamentaria; y el nivel de competencia técnica de sus miembros (Averchenkova, 2019).

El ejemplo del Reino Unido ilustra la importancia que tienen los órganos independientes a la hora de mejorar la calidad del debate político, de exigir al Gobierno que responda de su actuación y de proporcionar análisis de calidad y evaluación de las políticas, aspectos críticos para un aprendizaje efectivo. Se ha comprobado que el CCC ha marcado una diferencia sustancial en la política climática en cuanto a objetivos (objetivos de carbono legalmente vinculantes), proceso (impacto en el debate parlamentario) y aspectos sustanciales (p. ej. influencia en las nuevas leyes sobre energía, infraestructura, vivienda y agua), así como para aportar una justificación técnica a los argumentos políti-

cos en pro de una mayor rendición de cuentas y de actuaciones más ambiciosas (Averchenkova, Fankhauser y Finnegan, 2018). En Francia, sin embargo, existe la inquietud de que el Gobierno se convierta en «juez y parte de la evaluación» (Rüdinger, 2018, p. 8). El Comité de Expertos para la Transición Energética en Francia se creó con unas funciones similares al CCC británico. Pero la legislación no crea un mandato suficientemente fuerte para la institución, ya que no incluye disposiciones sobre cómo y cuándo debe responder el Gobierno a sus informes y no se le asignan fondos específicos para financiar sus actividades (Rüdinger, 2018).

Otra palanca para asegurar la rendición de cuentas y generar respaldo hacia la ley y los marcos de políticas subyacentes es a través de un mecanismo transparente e inclusivo de consulta con partes interesadas, que incluya a la sociedad civil, el sector privado, y los gobiernos regionales y locales. Las experiencias pasadas indican que es importante marcarse objetivos muy claros y específicos respecto al proceso de consulta y contar con un plan claro sobre la manera de incorporar las aportaciones a la fase de debate parlamentario, lo que ha planteado retos en el caso de Francia y, en particular, de Alemania, amenazando potencialmente con minar la credibilidad de la consulta a las partes interesadas (Averchenkova, 2019).

3. Disposición sobre el incremento de la ambición

Las disposiciones sobre un aumento progresivo de la am-

bición tendiendo hacia el objetivo a largo plazo de cero emisiones netas es otro elemento de una ley marco nacional que resulta esencial para asegurar la consistencia con el Acuerdo de París. El sistema de presupuestos de carbono quinquenales instaurado originalmente por la CCA británica y adoptado más tarde también por Francia se ha revelado como un instrumento eficaz que aporta un medio flexible a la vez que predecible para la planificación de políticas e inversiones. Igualmente importante para la legislación climática es contar con flexibilidad que permita ajustar los objetivos en el futuro atendiendo a la nueva evidencia científica y otras condiciones cambiantes. Ahora bien, los mecanismos para ajustar el objetivo deberían estar claramente definidos a fin de especificar las circunstancias que pueden justificar el ajuste para evitar un posible riesgo de regresión. En el Reino Unido, la CCA en su redacción original previó una reducción «al menos hasta el 80 por 100» de las emisiones de gases de efecto invernadero para 2050, y otorgó facultades al secretario de Estado para ajustar el nivel del objetivo, siguiendo en todo caso el proceso de consulta previa y análisis. Estas disposiciones ofrecen una oportunidad para ajustar el objetivo sin tener que modificar o reabrir la ley y señalan claramente la dirección posible en la que han de moverse los ajustes: hacia un aumento de la ambición. El gráfico 1 detalla los elementos clave a considerar en el desarrollo de una ley de cambio climático con base en el análisis de las experiencias de otros países.

GRÁFICO 1
ELEMENTOS CLAVE A CONSIDERAR EN EL DISEÑO DE UNA LEY CLIMÁTICA



Fuente: Averchenkova (2019: 77).

renovables, España es el cuarto productor mundial de energía eólica, el quinto en términos de capacidad eólica neta instalada y el primero en porcentaje de energía producida a partir del viento (IEA, 2018). En cuanto a la solar fotovoltaica, España es el noveno productor mundial, el décimo por capacidad instalada y el quinto en porcentaje de energía producida a partir de instalaciones solares fotovoltaicas (*ibid*). España es también un país dependiente energéticamente, importando el 74 por 100 de su consumo de energía. Además, es el octavo mayor importador mundial de petróleo y el décimo de gas (IEA, 2018).

Más allá de la aportación de España a la acción internacional contra el cambio climático a través de las *NDCs* de la UE, los recursos energéticos renovables de España y su dependencia energética ponen de manifiesto la concordancia que existe entre sus intereses y valores para promover una transición baja en carbono y apoyar un marco legislativo que lo haga posible. El acervo legislativo y ejecutivo sobre clima para una transición baja en carbono en España incluye nueve leyes sobre clima, 29 políticas climáticas (incluida la Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia y el Plan de Medidas Urgentes [2007]), así como el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (2006) que fue uno de los primeros planes de adaptación en la UE. España también cuenta con trece expedientes por pleitos climáticos, la mayoría de los cuales se refieren a demandas del sector privado contra el Gobierno de la nación en relación con el número de derechos de emisión adjudicados (GRI, 2019). España carece, sin embargo, de

V. ESPAÑA. EL MERCADO PARA UNA LEY DE CAMBIO CLIMÁTICO Y TRANSICIÓN ENERGÉTICA

1. Contexto

España es un punto caliente en términos de cambio climático (*hotspot*), es decir, es uno de los países de la Unión Europea (UE) más sensibles y afectados por el cambio climático (Guiot y Cramer, 2016), así como el

quinto mayor emisor de gases de efecto invernadero, siendo responsable del 8,98 por 100 del total de las emisiones de la UE-27 en 2017 (Eurostat, 2019). Según Montoya, Manzano-Aguigliaro y Aguilera (2014), el potencial de España en lo que respecta a las energías renovables es considerable. Cuenta con unos abundantes recursos renovables, más que suficientes para atender su demanda energética. En términos de *ranking* de tecnologías

una ley marco de cambio climático y transición energética, y está aún pendiente de implementar (como ocurre con los demás Estados miembros de la UE) su primer Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC).

2. Políticas de oferta para una ley climática robusta

Acompañados por la sociedad civil (3), en 2011, la Comisión Mixta del Congreso y el Senado para el Estudio del Cambio Climático recomendó la adopción de una ley de cambio climático en España. Cuatro años después, durante la Conferencia COP21 celebrada en París, el anterior presidente español, Mariano Rajoy, se comprometió por primera vez a aprobar una ley de este tipo (Presidencia de Gobierno, 2015) si su partido (Partido Popular, PP) ganaba las próximas elecciones. Su Gobierno comenzó a trabajar en la redacción de un primer borrador de la Ley sobre Cambio Climático y Transición Energética (LCC-TE) en 2017, pero la moción de censura de junio de 2018 que hizo caer al gobierno frustró la adopción de dicha ley. No obstante, pocos días después de la caída del gobierno conservador, el PP presentó su proposición de una LCC-TE (BOCG, 2018). Posteriormente, Teresa Ribera, ministra para la Transición Ecológica con el Gobierno socialista a partir de junio de 2018, desarrolló un anteproyecto de LCC-TE que fue presentado en febrero de 2019 (Presidencia de Gobierno, 2019; MITECO, 2019). Unidas Podemos, partido de izquierdas, también presentó una proposición de ley climática en julio 2019 (BOCG, 2019).

Otros partidos políticos, como Ciudadanos (de corte liberal) o VOX (derecha radical), carecían de propuestas detalladas para una ley de cambio climático en el momento de redactar este artículo. Si bien Ciudadanos llevó en su programa electoral para las elecciones generales del 28 de abril de 2019 su intención de promover una ley de cambio climático (Ciudadanos, 2019), el programa electoral de VOX no mencionaba el cambio climático como tal, ni la necesidad de una ley. VOX se ha opuesto públicamente a las acciones contra el cambio climático por considerarlas «totalitarismo climático», cuestionando la solidez del componente antropogénico (debido a la acción del hombre) del cambio climático y alegando la existencia de «oscuros intereses económicos» tras las propuestas presentadas por el Partido Socialista y Unidas Podemos (VOX, 2019 a, b). Su propuesta de medidas ejecutivas incluye, sin embargo, un plan energético para asegurar la independencia energética de España (VOX, 2019b).

Todo lo anterior pone de manifiesto tanto el interés existente en que se adopte una ley marco de cambio climático y transición ecológica, dadas las diversas propuestas presentadas, como las dificultades con que se ha encontrado España para hacerlo. Un panorama político fragmentado, con partidos nuevos y sin mayorías claras para formar un gobierno estable tras las elecciones generales del 28 de abril de 2019 y del 10 de noviembre de 2019, ha supuesto en la práctica una traba para la adopción de una ley marco. En este contexto, el análisis comparado del respaldo existente entre los distintos partidos políticos a los elemen-

tos esenciales a incluir en la ley y de sus propuestas concretas para una ley de cambio climático y transición energética podría arrojar algo de luz sobre los escenarios potenciales que se abren respecto a la transición energética en España, e identificar puntos de convergencia política.

SEO/BirdLife, una ONG medioambiental en España, realizó una encuesta a representantes políticos de Ciudadanos, Partido Popular, PSOE y Unidas Podemos responsables de energía y cambio climático con el objeto de conocer el apoyo de cada partido a los diversos elementos de una futura ley marco de cambio climático y transición energética (SEO/BirdLife, 2018). Las principales conclusiones de la encuesta son que todos los partidos indicados comparten los objetivos de reducción de emisiones a medio (2030) y largo plazo (2050). El grado de ambición varía sustancialmente, ocupando Unidas Podemos el primer puesto en cuanto a ambición. Aunque todos los partidos analizados están en principio de acuerdo en contar con un mecanismo de aumento de la ambición, PP, Ciudadanos y PSOE solo *están parcialmente de acuerdo* con la posibilidad de revisar los objetivos climáticos, los presupuestos de carbono o los planes multianuales consultando antes a los expertos, siempre que se aporte una causa justificada y solo si se trata de aumentar la ambición. El PSOE *está parcialmente de acuerdo* con la necesidad de adoptar presupuestos de carbono con bastante tiempo de antelación a su implementación (entre seis y diez años) tanto para contrarrestar la dinámica política propia de los ciclos electorales como para permitir a los grupos de interés adaptarse

y realizar preparativos para unos presupuestos cada vez más exigentes.

También existe consenso entre todos los partidos sobre la necesidad de desarrollar una hoja de ruta hacia las emisiones netas cero, si bien el PP discrepa de la fijación de objetivos sectoriales para conseguir la neutralidad en carbono a mediados de este siglo. Todos los partidos analizados coinciden en el establecimiento de un órgano asesor independiente de cambio climático, el desarrollo de mandatos para las agencias clave y la fijación de plazos obligatorios que especifiquen cuándo deben aportarse la información y las respuestas, y cuándo deben tomarse las decisiones.

Pese al amplio consenso entre los partidos sobre la necesidad de supervisión parlamentaria en lo que a la acción contra el cambio climático se refiere, el PP expresó su *desacuerdo* con la exigencia al Gobierno de que responda a las recomendaciones del órgano asesor independiente, un elemento considerado clave para la rendición de cuentas en otras jurisdicciones, como ya se ha comentado anteriormente. La encuesta también revela consenso generalizado entre partidos sobre el papel de las administraciones autónomas y la necesidad de articular mecanismos de participación de los grupos de interés, en concreto para promover la aceptación social de unas políticas climáticas cada vez más exigentes (Roberts, 2011). También existe consenso entre partidos en lo que respecta a la necesidad de analizar los riesgos y planificar la adaptación, monitorización y revisión del progreso, así como de publicar información acerca de la exposición a los riesgos

físicos y de transición por parte de las empresas cotizadas, los inversores, las compañías aseguradoras y los gestores de activos.

Las discrepancias entre los partidos políticos quedan más de relieve cuando se analiza el apoyo a instrumentos específicos. Por ejemplo, el PP está parcialmente de acuerdo con la retirada gradual de las subvenciones a los combustibles fósiles, y se muestra en desacuerdo con utilizar impuestos finalistas sobre las emisiones de CO₂ en los sectores industrial y energético, que ya están incluidos en el régimen europeo de comercio de derechos de emisión (*ETS*, por sus siglas en inglés), para promover la descarbonización y la innovación. El PP se opone al uso de impuestos medioambientales y de los recursos recaudados por el *ETS* para financiar el Fondo de Transición Justa. Tanto el PSOE como el PP están solo parcialmente de acuerdo con un abandono gradual del carbón para 2025, y el PP es el único partido que apoya la ampliación de la vida útil de las centrales nucleares en España.

Aunque existen diferencias entre los partidos políticos consultados por SEO/BirdLife (2018), el análisis citado muestra un potencial consenso entre partidos en un número considerable de elementos de la futura Ley sobre Cambio Climático y Transición Energética en España. Si se aprobase una ley marco de cambio climático basada en las respuestas de los partidos, esta podría incluir la mayoría de los elementos clave de una ley climática robusta (Averchenkova, 2019), aunque el nivel de detalle y de efectividad de sus disposiciones no puede juzgarse atendiendo exclusivamente a las respuestas mencionadas.

Si bien el citado barómetro sobre cambio climático resulta interesante para arrojar información a nivel general sobre el consenso de los partidos acerca de los elementos clave de la ley, las propuestas concretas para una transición baja en carbono no quedaron reflejadas en la encuesta. A fin de comprender el abanico de posibles sendas para la descarbonización que podría seguir España, se resumen a continuación, en el cuadro n.º 1, las proposiciones legislativas presentadas por el PP y Unidas Podemos, así como el Anteproyecto de Ley sobre Cambio Climático y Transición Energética del anterior Gobierno (PSOE) y el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC). Obsérvese que aunque el cuadro inferior no incluye un análisis exhaustivo de las propuestas, sí refleja una imagen general de los objetivos en materia de clima y energía de los distintos partidos. Para más detalles, véase Lilliestam *et al.*, (2019) y MITECO (2020).

El cuadro n.º 1 muestra tres sendas diferentes aunque con solapamiento parcial hacia la descarbonización. La senda de descarbonización del anterior Gobierno socialista preveía medidas para conseguir una economía plenamente descarbonizada para mediados de siglo. Ponía el énfasis en el uso de instrumentos de mandato y control, como el cierre de las centrales nucleares, la prohibición de los vehículos de combustión interna para 2040, la obligación de instalar puntos de recarga eléctrica, la rehabilitación obligatoria de los edificios públicos, etc. No obstante, permitía al mercado decidir, entre otras cosas, cuándo se abandonará el carbón, dada la legislación europea sobre ayudas de Estado y el aumento previsto del precio del carbono en

CUADRO N.º 1

ELEMENTOS CLAVE DE LAS SENDAS POSIBLES HACIA LA DESCARBONIZACIÓN EN ESPAÑA SEGÚN LAS PROPOSICIONES DE LEY PRESENTADAS, EL ANTEPROYECTO DE LEY Y EL PNIEC (En porcentaje)

	UNIDAS PODEMOS (UP)		PARTIDO SOCIALISTA OBRERO ESPAÑOL (PSOE)		PARTIDO POPULAR (PP)	
	2030	2050	2030	2050	2030	2050
Objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a nivel de toda la economía	35% (1990)	95% (1990)	>20% (1990) 21%-borrador PNIEC 23% (1990) borrador actualizado PNIEC	90% (1990)	26% para no ETS	80%
Objetivos de reducción ETS	N.d.	N.d.	60% (2005) borrador PNIEC 61% borrador actualizado PNIEC	N.d.	N.d.	N.d.
Objetivos de reducción sectores no ETS	26% (2005)		38% (2005) borrador PNIEC 39% (2005) borrador actualizado PNIEC	N.d.	26% (2005)	N.d.
Objetivos de renovables (energía, 100 por 100 del consumo energético final)	45%	100%	>35% anteproyecto ley 42% borrador y borrador actualizado PNIEC	N.d.	N.d.	N.d.
Objetivos de renovables (electricidad; 100 por 100 del consumo energético final)	80%	100% (para 2045)	>70% anteproyecto ley 74% borrador y actualizado PNIEC	100%	> que en 2020	> que en 2030
Movilidad eléctrica (% o número de vehículo eléctrico [VE] en ventas nuevas)	70% de nuevas ventas	100% de nuevas ventas (para 2040)	5 millones de vehículos eléctricos Borrador y actualizado PNIEC	100% de nuevas ventas (para 2040)	N.d.	N.d.

Notas: Nótese que el año base se indica entre paréntesis.

Los datos de este cuadro se basan en las propuestas de cada partido, en el anteproyecto de ley presentado por el anterior gobierno (PSOE) y en el borrador del PNIEC remitido por España a la Comisión Europea el 22 de febrero de 2019 y la actualización de dicho borrador publicado por el ejecutivo (PSOE-Unidas Podemos) en enero de 2020. Dicha actualización está disponible en: https://www.miteco.gob.es/images/es/pniec_2021-2030_borradoractualizado_tcm30-506491.pdf

Fuente: Lilliestam et al. (2019).

2030. Incluso si sus objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero eran menos ambiciosos que los de Unidas Podemos, el destino último en cuanto a descarbonización del PSOE era la eliminación total de las emisiones para mediados de siglo, en consonancia con el objetivo previsto por la UE para 2050.

De los tres partidos que han presentado una proposición de ley (o un anteproyecto de ley) de cambio climático y transición energética, Unidas Podemos tiene los objetivos más ambiciosos a corto y medio plazo en cuanto a reducción de emisiones de gases de

efecto invernadero y penetración de las energías renovables. Sin embargo, son menos ambiciosos en lo que respecta a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero para sectores no cubiertos por el ETS con un horizonte a 2030. Su enfoque hacia la descarbonización profunda es una mezcla de medidas coercitivas y medidas desarrolladas por las comunidades (*grassroots*). Esto último se basa en el hecho de que la propuesta de UP busca empoderar a los ciudadanos y las comunidades locales como los agentes clave para la transición a un modelo de desarrollo neutral en carbono basado en un sistema

energético a pequeña escala y de propiedad comunitaria. Abogan por un abandono rápido del carbón y de la energía nuclear, y apoyan el uso de instrumentos *pull* de mercado (subvenciones) y *push* de tecnología (programas de I+D tecnológico) como palancas de la transición hacia una economía baja en carbono.

Los objetivos de descarbonización y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero del PP son los menos ambiciosos de las tres propuestas legislativas analizadas. Su enfoque hacia un modelo de desarrollo menos intensivo en carbono se basa en

general en el mercado. El PP se compromete a cumplir los compromisos de descarbonización asumidos por España en el seno de la UE, e incluye algunos objetivos generales y a nivel de toda la economía, aunque deja en gran medida en manos del mercado la consecución de dichos compromisos con la ayuda de algunos instrumentos basados en el mercado, como las subastas neutrales respecto a la tecnología.

Los diferentes partidos políticos en España deberían analizar el grado de alineación de sus compromisos climáticos con los futuros compromisos de Europa, que se esperan sean más ambiciosos que los actuales (4) en el horizonte 2030, y con el Acuerdo de París. Además, deberán reflexionar si sus compromisos se pueden considerar justos, dado el aumento del peso específico de España en las emisiones de la UE-27 tras el *brexit*.

3. Políticas de demanda: atención al *gap* preocupaciones-intenciones

A continuación, realizamos un breve repaso de las principales preocupaciones, demandas, respaldo a los diferentes elementos que podrían ser incluidos en la futura ley de cambio climático y transición energética, e intenciones en cuanto a disposición de los ciudadanos españoles a pagar para mitigar los efectos del cambio climático. Estos elementos conforman en gran medida el lado de la demanda, o los factores de apoyo a la acción climática (Börzel, 2000; Roberts, 2011). El análisis se basa, entre otros en los resultados de una encuesta telefónica realizada en la primavera de 2019 por el Real

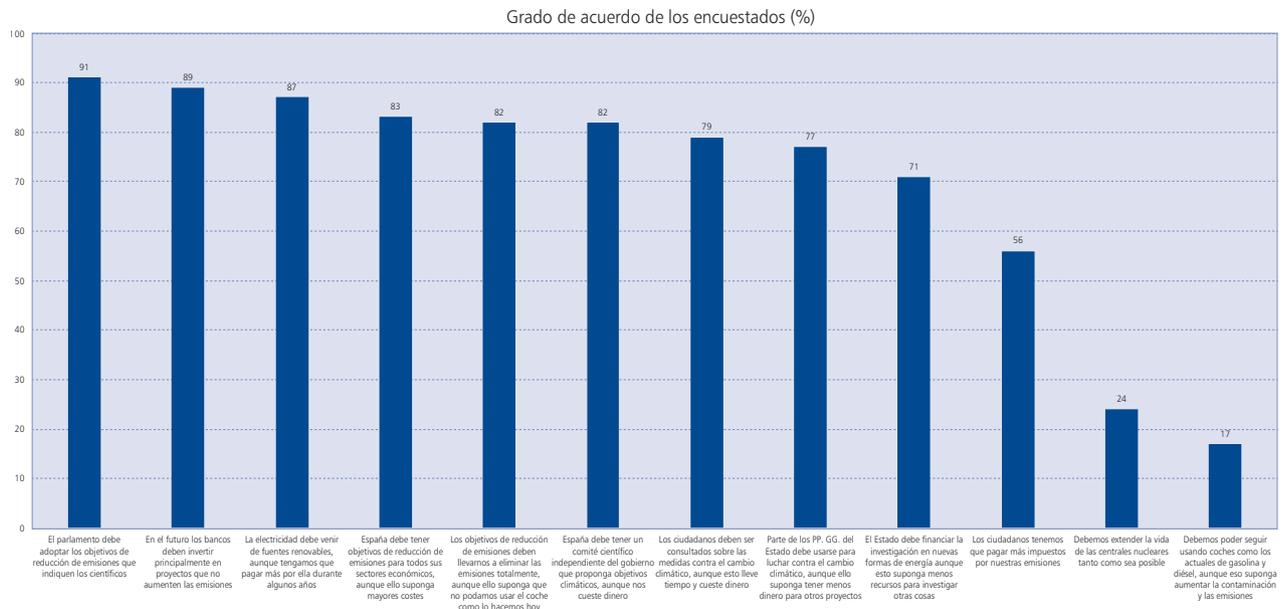
Instituto Elcano a una muestra de 1.000 personas de 18 o más años, utilizando muestreo estratificado con aplicación de cuotas de edad, sexo y región (Lázaro Touza, González Enríquez y Gonzalo Francés, 2019).

Los ciudadanos españoles están en general muy familiarizados con las ideas de la existencia del cambio climático, de su componente antropogénico y de los impactos ya perceptibles del mismo en los sistemas tanto socioeconómicos como naturales, siendo solo un 3 por 100 de los encuestados por Elcano los que niegan la existencia del cambio climático. Todo esto es así en la totalidad del espectro ideológico, aunque de forma más acusada entre los encuestados situados más a la izquierda (*ibid.*). Además, más de un 81 por 100 de los entrevistados opina que la actual acción climática a nivel tanto internacional como nacional es insuficiente para combatir eficazmente el cambio climático. En ese sentido, no sorprende que el 93 por 100 de los encuestados apoye que España tenga una ley de cambio climático y transición energética. Este resultado es coherente con otros ejercicios demoscópicos recientes (Comisión Europea, 2019; Pushter y Huang, 2019; Poortinga *et al.*, 2018), así como con una relativamente alta visión proecológica de los ciudadanos españoles, medida a través de la escala *NEP* (*New Ecological Paradigm*) de Riley (Dunlap, 2000), que se plasma en niveles de preocupación por el medioambiente similares a los de otros países occidentales y desarrollados (Lázaro Touza, González Enríquez y Escribano Francés, 2019).

Alienta comprobar que, según la encuesta de Elcano, existe un gran apoyo ciudadano a algunos

de los elementos clave de una ley marco de cambio climático robusta. Por ejemplo, existe un amplio apoyo al establecimiento de un órgano asesor independiente al estilo del británico que establezca los objetivos climáticos (por ejemplo, a través de presupuestos de carbono) a adoptar por el Gobierno. Dado el bajo nivel de confianza de los ciudadanos españoles en los políticos según el Centro de Investigaciones Sociológicas –CIS– (2018), no sorprende que los encuestados por Elcano apoyen la idea de que los políticos deban adoptar los objetivos climáticos que marquen los científicos. También existe un fuerte apoyo a un objetivo de cero emisiones netas, aunque ello suponga cambiar hábitos muy arraigados socialmente, como el uso sin restricciones del vehículo propio. Recibe también respaldo generalizado entre los ciudadanos españoles (89 por 100) la alineación de los flujos financieros con los objetivos climáticos, mostrándose a favor de que el sector bancario invierta en proyectos que no aumenten las emisiones de gases de efecto invernadero. El apoyo disminuye cuando se les pregunta si estarían dispuestos a pagar más dinero en el impuesto de circulación cada año para internalizar los efectos de las emisiones de GEI (solo un 56 por 100 de los encuestados apoyaría esta medida). Los ciudadanos españoles desean ser consultados sobre las medidas a tomar para frenar el cambio climático, pero aquellas personas de educación superior muestran menos entusiasmo sobre los procesos de consulta pública. Véase en el gráfico 2 a continuación el respaldo a los diferentes elementos, instrumentos y procesos que podrían incluirse en la futura ley española de cambio climático y transición energética.

GRÁFICO 2
NIVEL DE ACUERDO O DESACUERDO CON LAS SIGUIENTES AFIRMACIONES
(En porcentaje)



Nota: N = 934 (de acuerdo con que España tenga una ley de cambio climático y transición energética).

Fuente: Lázaro Touza, González Enríquez, Escribano Francés (2019: 50).

Aun siendo alentador el apoyo declarado a los elementos clave de una ley climática sólida, conviene realizar tres puntualizaciones. Una, que el grado de responsabilidad que los ciudadanos españoles se atribuyen a ellos mismos como causantes del cambio climático es limitado. Las empresas, el Gobierno y otros países son percibidos como las principales instituciones responsables de causar el cambio climático, lo que es indicativo de un compromiso personal limitado. Dos, en las encuestas donde se pregunta a los ciudadanos españoles por cuestiones que afectan a España o a ellos personalmente, en lugar de por otras cuestiones que amenazan al conjunto del mundo, el medioambiente o el cambio climático nunca aparecen entre los primeros elementos de preocupación (CIS, 2019).

Esto también tiene su reflejo en la política, como se aprecia en el limitado peso que los partidos verdes han obtenido en el Parlamento español, dejando que sean los partidos de izquierdas quienes enarboles la preocupación sobre el medioambiente frente a los partidos de centro y de derecha. Tres, en lo que respecta a las intenciones de los entrevistados, pese a que solo el 17 por 100 de la población de la muestra apoya utilizar vehículos con motores de combustión interna como lo han hecho hasta ahora, es alto el porcentaje de encuestados que se oponen a pagar más en el impuesto de circulación para internalizar las externalidades causadas por los vehículos privados, un 44 por 100 de los encuestados con vehículo propio, lo que evidencia una implicación personal limitada y

una discrepancia entre la preocupación declarada y la intención real, que se vería probablemente amplificada cuando se requiriese a los ciudadanos a actuar.

VI. DISEÑANDO UNA LEGISLACIÓN MARCO SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO. CONJUGANDO AMBICIÓN Y REALISMO

La perentoriedad de la acción contra el cambio climático requiere la adopción de una ley marco nacional exhaustiva que establezca una senda a largo plazo para la descarbonización y la resiliencia climática consistente con los objetivos del Acuerdo de París, junto con los mecanismos clave para su implementación. Adoptar dicho marco legal a

tiempo para el *Global Stocktake* (Balance Global) que exigirá a los países revisar al alza sus *NDCs* en 2020 situaría a España a la vanguardia a nivel de la UE e internacionalmente. También ayudaría a consolidar y mantener el respaldo político hacia las políticas climáticas a lo largo del tiempo ante los cambios futuros en el gobierno, y haría posible acelerar la transición.

Dada la urgencia y lo ajustado de los plazos para el diseño de una ley marco de cambio climático y transición energética, es importante fijarse expectativas realistas y alcanzar un cuidadoso equilibrio entre complejidad, prescripción y flexibilidad, así como garantizar la inclusión de un *proceso de consulta inclusivo y transparente con las partes interesadas*. Dichos procesos de consulta pueden facilitar la aceptación y la implicación en los objetivos climáticos del sector privado, la sociedad civil, las administraciones autónomas, las agencias sectoriales y los ciudadanos, clave para la implementación de la legislación. Las experiencias en otros países demuestran que, para asegurar su eficacia, los procesos de consulta deben estar bien estructurados, contar con objetivos claros y un plan sobre la manera de incorporar sus aportaciones al proceso legislativo.

Para estar en línea con los objetivos del Acuerdo de París, una legislación climática debe incluir un objetivo de reducción de emisiones a largo plazo con horizonte 2050, el cual debe ser consistente con los objetivos de conseguir las cero emisiones netas a nivel global para final de este siglo y de mantener el aumento de la temperatura media del planeta por debajo de 1,5-2 °C. En este contexto, es importante que la

legislación defina el cronograma para llegar a las cero emisiones netas y que establezca objetivos de reducción de emisiones a medio plazo, con disposiciones para un aumento progresivo de la ambición. Los presupuestos de carbono han demostrado ser una herramienta eficaz en este contexto.

La ley debería esforzarse en empoderar y habilitar la acción de los Gobiernos regionales y locales, así como en promover un enfoque coherente en lo relativo a los elementos centrales (como son concordancia entre el objetivo general y las prioridades estratégicas, o el uso de metodologías comunes para medir y evaluar el progreso), al tiempo que brindar suficiente flexibilidad para que las administraciones autónomas asuman y diseñen sus propias políticas o acciones de adaptación y mitigación, en particular en países como España con una fuerte impronta autonómica. En este contexto, podría ser útil considerar el enfoque adoptado por el Reino Unido, a saber, compartir un recurso analítico común, el órgano asesor independiente, entre las administraciones descentralizadas y el Gobierno central, así como el establecimiento de instrumentos financieros específicos para apoyar la implementación a nivel regional y local.

La rendición de cuentas del Gobierno en cuanto a la implementación de la ley podría reforzarse mediante una evaluación periódica y requisitos de información a, y supervisión directa por, el Parlamento. Los órganos asesores independientes sobre cambio climático y/o transición energética se han revelado de vital importancia para asegurar la calidad en el diseño de po-

líticas, la rendición de cuentas sobre su implementación y el refuerzo del compromiso de todo el espectro político con las políticas climáticas. Para ser eficaz, las disposiciones relativas al órgano asesor independiente sobre cambio climático y transición energética deben asignarle un mandato claro de evaluación periódica de las propuestas gubernamentales y del progreso en la ejecución de las mismas; un presupuesto específico para su financiación; un elevado nivel de competencias de sus miembros y la exigencia de que el Gobierno responda a la evaluación y recomendaciones formuladas por los expertos independientes.

El consenso existente entre tres de los principales partidos políticos de España acerca de la necesidad de adoptar una ley de cambio climático y transición energética ofrece una buena base con la que informar el proceso legislativo. Ahora bien, las diferencias entre los partidos en cuanto al nivel de ambición y de detalle, y sus distintas preferencias en lo relativo al uso de instrumentos de política climática, así como la importancia asimétrica otorgada por cada uno a la LCC-TE, hace que sea necesario seguir forjando consensos para posibilitar la adopción de tal ley en España. Por el lado de la demanda, pese a la sensibilización con el cambio climático y el apoyo generalizado a la acción por parte de los ciudadanos españoles, sigue habiendo dudas sobre las intenciones de los ciudadanos a la hora de apoyar una ley –y un marco de transición energética– que pueda requerir una reforma fiscal verde, entre otras cosas. La limitada admisión de la propia responsabilidad de los encuestados como causante del cambio climático, junto al

hecho de que algo menos de la mitad de encuestados no se declaren dispuestos a pagar más en el impuesto de circulación anual, impide hacer una lectura demasiado optimista de los resultados de la encuesta del Real Instituto Elcano. Acortar la brecha entre preocupación declarada, intenciones reales y acciones es seguramente una necesidad de la agenda política si España pretende liderar la lucha contra el cambio climático.

La Conferencia COP25 celebrada en España probablemente estimule el apetito político para la adopción de la ley, pero implementar una ley robusta y compatible con París requerirá liderazgo, implicación, consenso de todo el espectro político y un cuidadoso diseño de políticas climáticas para evitar la contestación en algunos sectores sociales.

NOTAS

(*) Las autoras desean agradecer a David Howell y a Gonzalo Escribano sus comentarios y sugerencias a una versión preliminar de este artículo. La versión en inglés de este artículo ha sido publicada por el Real Instituto Elcano.

(**) Otra afiliación: IE School of Global and Public Affairs.

(***) Traducción de Jon García.

(1) Basado en los datos incluidos en el GRI, 2018; consultado el 30 de septiembre de 2018.

(2) La ley (*Climate Change Act*) regula las emisiones del Reino Unido de acuerdo con la metodología aplicada a nivel internacional que únicamente tiene en cuenta las emisiones domésticas (producidas dentro de las fronteras del país). Las emisiones pueden medirse también según dónde se consumen los bienes y servicios que conllevan dichas emisiones (Committee on Climate Change, 2019). Mientras que las emisiones de gases de efecto invernadero del Reino Unido se han reducido de manera continuada, las emisiones asociadas a la importación de bienes, que no están cubiertas por la ley se han comportado peor. Las emisiones pro-

venientes del consumo aumentaron entre 1997 y 2007 en un 16 por 100, si bien dichas emisiones se han reducido en un 21 por 100 desde 2017 (Committee on Climate Change, 2019). No obstante, los datos de emisiones del consumo de bienes y servicios están sujetos a mayor incertidumbre por lo que se recomienda precaución en la interpretación de estos datos (*ibid.*).

(3) Fue inicialmente Amigos de la Tierra quien demandó en España una ley de cambio climático. Más tarde, Coalición Clima, ahora denominados Alianza por el Clima, se sumaron a esta demanda.

(4) Se espera que la EU-27 apruebe una reducción de entre el 50 por 100 y el 55 por 100 de las emisiones de 1990 en 2030, frente a la reducción del 40 por 100 actual. Véase Comisión Europea (2019).

BIBLIOGRAFÍA

AVERCHENKOVA, A. (2019). Legislating for a low carbon and climate resilient transition: learning from international experiences. *Elcano Policy Paper*, 3/2019-11/3/2019. Disponible en: http://www.realinstitutoelcano.org/wps/portal/riecano_en/contenido?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/elcano/elcano_in/zonas_in/policy-paper-2019-legislating-low-carbon-climate-resilient-transition

AVERCHENKOVA, A., FANKHAUSER, S. y FINNEGAN, J. (2018). *The role of independent bodies in climate governance: the UK's Committee on Climate Change*. Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment: Centre for Climate Change Economics and Policy. School of Economics and Political Science. Octubre.

BÖRZEL, T. (2000). Why there is no «southern problem». On environmental leaders and laggards in the European Union. *Journal of European Public Policy*, 7(1), pp. 141-162.

CCC. UK (2008). *Building a low-carbon economy. The UK's contribution to tackling climate change*. London: Committee on Climate Change. Disponible en: <https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2008/12/Building-a-low-carbon-economy-Committee-on-Climate-Change-2008.pdf>

CENTRO DE INVESTIGACIONES SOCIOLOGICAS (CIS) (2019). *Tres problemas principales que existen actualmente en España (Multirrespuesta por 100)*. Disponible en: http://www.cis.es/cis/export/sites/default/-Archivos/Indicadores/documentos_html/TresProblemas.html

CIUDADANOS (2019). Nuestro compromiso con los españoles. Elecciones generales 28-A. Disponible en: <https://www.ciudadanos-cs.org/programa-electoral>

CLIENTEARTH (2016). *Mind the Gap: Reviewing the Climate Change Act*. ClientEarths. Octubre. <https://www.documents.clientearth.org/wp-content/uploads/library/2016-10-07-mind-the-gap-reviving-the-climate-change-act-ce-en.pdf>

COLLIN, J. F. (2017). La ley de transición energética francesa para el crecimiento verde y la Programación Plurianual de Energía 2016-2023. *ARI*, 18/2017. Real Instituto Elcano. Disponible en: http://www.realinstitutoelcano.org/wps/portal/riecano_es/contenido?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/elcano/elcano_es/zonas_es/europa/ari18-2017-collin-ley-transicion-energetica-francia-crecimiento-verde

COMISIÓN EUROPEA (2019). The European Green Deal. *COM(2019) 640 final*. Brussels. Disponible en: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0002.02/DOC_1&format=PDF

COMMITTEE ON CLIMATE CHANGE (2019). *Reducing UK emissions: Progress Report to Parliament, July 2019*. Disponible en: <https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2019/07/CCC-2019-Progress-in-reducing-UK-emissions.pdf>

DREYFUS M. y ALLEMAND, R. (2018). Three Years After the French Energy Transition for Green Growth Law: Has the «Energy Transition» Actually Started at the Local Level?, *Journal of Environmental Law*, 30(1), pp. 109-133. doi: 10.1093/jel/eqx031

DUNLAP, R. et al. (2000). Measuring endorsement of the new ecological paradigm: a revised NEP scale.

<p><i>Journal of Social Issues</i>, 56(3), pp. 425-442.</p> <p>DUWE M., FREUNDT, M. IWASZUK, E., KNOBLAUCH, D., MAXTER, M., MEDERAKE, L. et al. (2017). «Paris compatible» governance: long-term policy frameworks to drive transformational change. A comparative analysis of national & sub-national case studies. Ecologic Institute. Noviembre. Disponible en: https://www.ecologic.eu/sites/files/publication/2017/paris-compatible-governance-ecologic-institute-report_0.pdf</p> <p>EUROACTIVE (2015). <i>France targets carbon tax in energy transition law</i>. Euroactive, 27/VII/2015. Disponible en: https://www.euractiv.com/section/sustainable-dev/news/france-targets-carbon-tax-in-energy-transition-law/</p> <p>FANKHAUSER, S., AVERCHENKOVA, A. y FINNEGAN, J. (2018). <i>10 years of the UK Climate Change Act</i>. Policy report, GRI. The Centre for Climate Change Economics and Policy: The Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment.</p> <p>FANKHAUSER, S., GENNAIOLI, C. y COLLINS, M. (2015). Do international factors influence the passage of climate change legislation? <i>Climate Policy</i>, 16(3), p. 31.</p> <p>GRI (2019). <i>Climate Change Laws of the World</i> databas. Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment and Sabin Center for Climate Change Law. Disponible en: http://www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/legislation/</p> <p>GUIOT, J. y CRAMER, W. (2016). Climate change: The 2015 Paris Agreement thresholds and Mediterranean basin ecosystems. <i>Science</i>, 354(6311), pp. 465-468.</p> <p>IEA (2018). <i>Key World Energy Statistics</i>. París: OCDE. Disponible en: https://webstore.iea.org/download/direct/2291?fileName=Key_World_2018.pdf</p> <p>IPCC (2007). <i>4th Assessment Report</i>. Geneva: IPCC. Disponible en: https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar4/</p> <p>— (2018). <i>Global Warming of 1.5°C</i>. Geneva: Intergovernmental Panel</p>	<p>on Climate Change. Disponible en: https://unfccc.int/topics/science/workstreams/cooperation-with-the-ipcc/ipcc-special-report-on-global-warming-of-15-degc</p> <p>LACOBUTA, G., DUBASH, N., UPADHYAYA, P., DERIBE, M. y HÖHNE, N. (2018). National climate change mitigation legislation, strategy and targets: a global update <i>Climate Policy</i>, 18(9), pp. 1114-1132.</p> <p>LÁZARO, T. L., GONZÁLEZ, E. C. y ESCRIBANO, F. G. (2019). <i>Los españoles ante el cambio climático. Apoyo ciudadano a los elementos, instrumentos y procesos de una Ley de Cambio Climático y Transición Energética</i>. Real Instituto Elcano. Julio 2019. Disponible en: http://21-de-noviembre-de-2019</p> <p>LILLIESTAM, J., OLLIER, L., THONIG, R., LECHÓN, Y., DEL RÍO, P., KIEFER, C. et al. (2019). <i>Updated policy pathways for the energy transition in Europe and selected European countries. Deliverable 7.3 MUSTEC project</i>. Potsdam: Institute for Advanced Sustainability Studies (IASS). Disponible en: 28 de octubre de 2019.</p> <p>LOI n.º 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte. <i>Journal Officiel</i> du 18 août 2015. Disponible en: https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT00003104438</p> <p>LOI n.º 2019-1147 du 8 novembre 2019 relative à l'énergie et au climat, <i>Journal Officiel</i>, 9 November 2019. Disponible en: https://www.legifrance.gouv.fr/jo_pdf.do?id=JORFTEXT000039355955</p> <p>MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA (MITECO) (2019). Anteproyecto de Ley de Cambio Climático y Transición Energética. Gobierno de España. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/participacion-publica/1anteproyectoleyccyte_tcm30-487336.pdf</p> <p>MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA (MITECO) (2020). Borrador Actualizado del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030. Disponible en:</p>	<p>https://www.miteco.gob.es/images/es/pniec_2021-2030_borradoractualizado_tcm30-506491.pdf</p> <p>MONTOYA, F. G., MANZANO-AGUIGLIARO, F. y AGUILERA, M. J. (2014). Renewable energy production in Spain: A review. <i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i>, 33, pp. 509-531.</p> <p>NACHMANY, M. S., FANKHAUSER, J. S. y AVERCHENKOVA, A. (2017). Global Trends in Climate Change Legislation and Litigation. <i>Policy Brief</i>. Grantham Research Institute on Climate Change, London School of Economics. Mayo.</p> <p>POORTINGA, W. et al. (2018). <i>European Attitudes to Climate Change and Energy: Topline Results from Round 8 of the European Social Survey</i>. Disponible en: https://www.europeansocialsurvey.org/docs/findings/ESS8_toplines_issue_9_climatechange.pdf</p> <p>PRESIDENCIA DE GOBIERNO (2015). Rajoy subraya el compromiso de España con el reto del cambio climático. Disponible en: https://www.lamoncloa.gob.es/presidente/actividades/Paginas/2015/301115Rajoyparis.aspx</p> <p>— (2019). El presidente del Gobierno presenta el paquete de medidas de energía y clima para la próxima década. Disponible en: https://www.lamoncloa.gob.es/presidente/actividades/Paginas/2019/20022019_cambioclimatico.aspx</p> <p>PROPOSICIÓN DE LEY SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO Y TRANSICIÓN ENERGÉTICA (2018). Grupo Parlamentario Popular en el Congreso. <i>Boletín Oficial de las Cortes Generales (BOCG)</i>. Disponible en: http://www.congreso.es/public_oficiales/L12/CONG/BOCG/B/BOCG-12-B-283-1.PDF</p> <p>PROPOSICIÓN DE LEY SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO Y TRANSICIÓN ENERGÉTICA (2019). Grupo Parlamentario Confederal de Unidas Podemos-En Comú Podem-Galicia en Común. <i>Boletín Oficial de las Cortes Generales (BOCG)</i>. Disponible en: http://www.congreso.es/public_oficiales/L13/CONG/BOCG/B/BOCG-13-B-48-1.PDF</p>
--	---	--

<p>PUSHTER, J. y HUANG, C. (2019). Climate Change Still Seen as the Top Global Threat, but Cyberattacks a Rising Concern. <i>Worries about ISIS and North Korea persist, as fears about American power grow</i>. Pew Research Center. Disponible en: https://www.pewresearch.org/global/2019/02/10/climate-change-still-seen-as-the-top-global-threat-but-cyberattacks-a-rising-concern/</p> <p>ROBERTS, J. (2011). <i>Environmental Policy</i>. Second Edition. Rout. Oxon: Routledge.</p> <p>ROCKSTRÖM, J., SCHELLHUBER, H. J., HOSKINS, B., RAMANATHAN, V., SCHLOSSER, P., BRASSEUR, G. P. y GAFFNEY, O. (2016). The world's biggest gamble. <i>Earth's Future</i>, 4(10), pp. 465-470.</p>	<p>ROGELJ, J., DEN ELZEN, M., HÖHNE, N., FRANSEN, T., FEKETE, H., WINKLER, H., et al. (2016). Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2 °C. <i>Nature</i>, 534(7609), pp. 631-639.</p> <p>RÜDINGER, A. (2018). <i>Best practices and challenges for effective climate governance frameworks: A case study on the French experience</i>. IDDRI, Studies n.º 03/18, May.</p> <p>SEO/BirdLife (2018). Barómetro climático. Disponible en: https://www.seo.org/wp-content/uploads/2018/10/Respuestas_LeyCC.pdf</p> <p>STERN, N. (2007). <i>The Economics of Climate Change Paperback: The Stern Review</i>. Cambridge (USA): Cambridge University Press.</p>	<p>UNEP (2016). <i>The Emissions Gap Report 2016</i>. Nairobi: United Nations Environment Programme.</p> <p>VOX (2019a). Posición del GPVOX en Aragón sobre el cambio climático. Disponible en: https://www.voxespana.es/noticias/posicion-de-vox-sobre-el-cambio-climatico-20190926</p> <p>— (2019b). Programa electoral para las elecciones europeas. Disponible en: https://www.voxespana.es/programa-elecciones-europeas-2019</p> <p>— (2019c). 100 medidas para la España viva. Disponible en: https://www.voxespana.es/biblioteca/espana/2018m/gal_c2d72e181103013447.pdf</p>
--	--	---

ANEXO 1

POSICIÓN DE LOS SOBRE LOS ELEMENTOS DE LA LEY DE CAMBIO CLIMÁTICO Y TRANSICIÓN ENERGÉTICA DE ESPAÑA

GRADO DE ACUERDO POLÍTICO EXISTENTE EN ESPAÑA SOBRE LOS ELEMENTOS CLAVE A CONSIDERAR EN EL DESARROLLO DE UNA LEY CLIMÁTICA MARCO

Elemento/instrumento/proceso	Respuestas entre los principales partidos políticos nacionales 2=de acuerdo; 1=parcialmente de acuerdo; -1=en desacuerdo			
	Ciudadanos	Partido Popular	PSOE	Unidas Podemos
Objetivos de reducción de emisiones en 2030	2	2	2	2
Objetivos de reducción de emisiones en 2050	2	2	2	2
Mecanismo de aumento de ambición o presupuestos de carbono	2*	2**	2***	2
Senda hacia emisiones netas cero en 2050	2	2	2	2
Comité científico independiente	2	2	2	2
Mandatos de agencias clave y plazos legales	2	2	2	2
Supervisión parlamentaria	2	2	2	2
Mecanismo de participación de las partes interesadas	2	2	2	2
Papel de las administraciones autónomas	2	2	2	2
Instrumentos de políticas climáticas o mandato para desarrollarlos				
Alineación de los Presupuestos Generales del Estado, régimen fiscal e instrumentos financieros con objetivos de descarbonización	2	2	2	2
Retirada gradual de subvenciones a los combustibles fósiles	2	1	2	2
Fiscalidad específica sobre emisiones de CO ₂ para los sectores industrial y de energía, incluidos en el régimen ETS, para promover la descarbonización y la innovación	2	-1	2	2
Fondo de Transición Justa y Consejo de Transición Justa	2	2	1	2
Financiación del Fondo de Transición Justa a partir de impuestos verdes y ETS	2	-1	2	2
Abandono gradual del carbón en 2025	2	1	1	2
Cierre de centrales nucleares al final de vida útil	2	1	2	2
Evaluación de riesgo y planificación de adaptación	2	2	2	2
Objetivos sectoriales hacia cero emisiones netas en 2050	2	-1	2	2
Monitorización y revisión del progreso	2	2	2	2
Divulgación de información sobre riesgos para empresas cotizadas, inversores, compañías de seguros y gestores de activos	2	2	2	2

Notas: Para un análisis detallado, consulte Lilliestam *et al.* (2019).

El año base se indica entre paréntesis en el cuadro.

Los datos incluidos se basan en las proposiciones de ley de los partidos, en el anteproyecto de ley presentado por el entonces gobierno en funciones (PSOE) y en el borrador del PNIEC presentado a la Comisión Europea el 22 de febrero de 2019 y en el borrador actualizado del PNIEC publicado en 2020, disponible en: https://www.miteco.gob.es/images/es/pniec_2021-2030_borradoractualizado_tcm30-506491.pdf

* Nótese que Ciudadanos está parcialmente de acuerdo con permitir solo la revisión de los objetivos climáticos, presupuestos de carbono o planes multianuales una vez consultado a los expertos, siempre que se aporte una causa justificada y que ello no suponga una disminución del nivel de ambición.

** Nótese que el Partido Popular está parcialmente de acuerdo con permitir solo la revisión de los objetivos climáticos, presupuestos de carbono o planes multianuales una vez consultado a los expertos, siempre que se aporte una causa justificada y que ello no suponga una disminución del nivel de ambición.

*** Nótese que el Partido Socialista Obrero Español está parcialmente de acuerdo con la necesidad de adoptar presupuestos de carbono con bastante tiempo de antelación a su implementación (entre seis y diez años), tanto para contrarrestar la dinámica política propia de los ciclos electorales como para permitir a los grupos de interés adaptarse y realizar preparativos para unos presupuestos cada vez más exigente. El PSOE también está parcialmente de acuerdo con permitir solo la revisión de los objetivos climáticos, presupuestos de carbono o planes multianuales una vez consultado a los expertos, siempre que se aporte una causa justificada y que ello no suponga una disminución del nivel de ambición.

**** Nótese que en SEO/BirdLife (2018) no había una pregunta específica acerca del grado de acuerdo de cada partido político con la disponibilidad de financiación previsible para implementar la ley.

Fuentes: Elaboración propia de las autoras en base a Averchenkova (2019: 77) y SEO/BirdLife (2018).

COLABORADORES EN ESTE NÚMERO

ARTO, Iñaki. Es catedrático de investigación en el Basque Center for Climate Change (BC3), Doctor en economía, Máster en ingeniería. Ha trabajado como investigador en el Joint Research Center de la Comisión Europea (2010-2013) y en la Universidad del País Vasco (2001-2010). Su investigación se centra en el análisis de transiciones energéticas utilizando modelos económico-energético-ambientales (análisis integrado, equilibrio general computable, dinámico-económicos input-output). Ha publicado más de cien documentos científico-técnicos incluyendo libros, artículos e informes. También ha participado en varios proyectos de investigación internacionales como EXIOBASE, WIOD, COMPLEX, DECCMA, TRANSRISK, LOCOMOTION.

AVERCHENKOVA, Alina. La doctora Alina Averchenkova es *Distinguished Policy Fellow* en Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment en London School of Economics, donde dirige el Programa de investigación sobre gobernanza y legislación. Con más de veinte años de experiencia en política climática y desarrollo internacional, su trabajo actual se centra en la implementación del Acuerdo de París, particularmente en las experiencias internacionales con la gobernanza y la legislación sobre el cambio climático y asesoría a gobiernos y parlamentos sobre el diseño e implementación de leyes climáticas y energéticas, así como en finanzas climáticas. Antes de unirse a la LSE en 2013, Alina trabajó para KPMG como directora global para el cambio climático y carbono; la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático; para un administrador de activos de carbono First Climate en Zurich y para el Environmental Defense Fund en Washington, DC; Metroeconomica Ltd. y para la Oficina de Análisis Económico de Rusia. Alina tiene una amplia experiencia en asesoramiento, desarrollo de capacidades y capacitación a gobiernos, organizaciones de la ONU y el sector privado, y en facilitar diálogos de múltiples partes interesadas sobre el cambio climático. Es oradora invitada frecuente en los eventos de alto nivel, incluidas las presentaciones en los parlamentos de España, Portugal, Reino Unido y Marruecos y en las cumbres mundiales anuales de la Unión Interparlamentaria sobre el cambio climático. Alina tiene una licenciatura en Geografía de la Universidad Estatal de Moscú, y una maestría y un doctorado en Economía y Desarrollo Internacional de la Universidad de Bath.

CASCAJO, Rocío. Doctora en Ingeniería e Infraestructura de los Transportes por la Universidad Politécnica de Madrid. Entre 2004 y 2019 ha trabajado como investigadora en el Centro de Investigación de la UPM (TRANSyT), y ha sido la directora técnica del Observatorio de la Movilidad Metropolitana. Su investigación se ha centrado en la evaluación de los impactos de las nuevas tecnologías introducidas en los sistemas de transporte público, la movilidad urbana sostenible, la penalización de los trasbordos en transporte público, o el impacto de la crisis económica en la movilidad. En la actualidad, es gerente técnico en INECO, en el área de Economía y Política del Transporte.

CAZCARRO, Ignacio. Es doctor en Economía (premio extraordinario), actualmente investigador ARAID e investigador asociado en BC3

(Basque Centre for Climate Change), donde desarrolló su labor también previamente durante más de tres años. Sus principales intereses se centran en el análisis socioeconómico y del medioambiente, con especial uso de datos, herramientas y análisis input-output. Su trabajo ha sido publicado en las principales revistas de ese campo, incluyendo otras con perspectivas de ecología, sostenibilidad, sociedad y cambio tecnológico. Ha trabajado en diferentes proyectos y contratos de ministerios y departamentos de España, EE. UU. (US NSF), UK (DFID), la Comisión Europea o FAO.

CISCAR, Juan Carlos. Es funcionario del Joint Research Centre (JRC) de la Comisión Europea, trabajando en la actualidad en la Unidad de *Economics of Climate Change, Energy and Transport*. Es economista y doctor en Economía por la Universidad de Valencia y posgrado en economía financiera y monetaria del CEMFI. Su trabajo consiste en el apoyo científico a la toma de decisiones en materia de política climática europea (mitigación, impactos y adaptación), liderando un equipo multidisciplinar centrado en los aspectos económicos del cambio climático. Ha coordinado los diversos estudios JRC PESETA sobre los impactos del cambio climático en Europa.

FIGUERES OLSEN, Christiana (nacida el 7 de agosto de 1956) es antropóloga, economista y analista costarricense. Fue nombrada secretaria ejecutiva de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), el 17 de mayo de 2010. Figueres ha sido miembro del equipo de negociación de Costa Rica desde 1995, participando en las negociaciones tanto de la CMNUCC como del Protocolo de Kyoto. Ha colaborado en el diseño de los principales instrumentos para hacer frente al cambio climático y es una promotora fundamental de la participación activa de América Latina en la Convención. En 2016 fue nombrada por la revista *TIME* como uno de los cien personajes más influyentes del mundo. A partir del 7 de junio de 2016, lanza su candidatura para la secretaria general de la ONU.

GAGO, Alberto. Es catedrático de Hacienda Pública de la Universidad de Vigo, miembro del grupo de investigación Rede e investigador afiliado de Economics for Energy. En la Universidad de Vigo fue director del Departamento de Economía Aplicada, vicerrector de Planificación y Asuntos Económicos y rector. Ha sido miembro del Consejo Económico y Social de Galicia, del Consello de Cultura Galega, del Consejo Científico del Instituto de Estudios Económicos de Galicia y presidente de la Asociación Española de Economía Energética y del Comité Científico de los Encuentros de Economía Pública. Su trabajo de investigación se ha desarrollado en los campos de la incidencia impositiva, la reforma fiscal y la fiscalidad energético-ambiental, publicando una quincena de libros y más de setenta artículos en revistas científicas.

GALLEGO, Cristóbal J. Realizó el doctorado en modelos de predicción de energía eólica. Es profesor en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio (UPM) y formó parte de la Comisión de Expertos de Transición Energética del Ministro de Energía, Turismo y Agenda Digital. Cristóbal y Marta Victoria son miembros fundadores del Observatorio Crítico de la Energía.

GARCÍA-MUROS, Xaquín. Es investigador en BC3 (Basque Centre for Climate Change) y Marie Curie Fellow en el Massachusetts Institute of Technology (MIT). Es doctor en Economía por la Universidad del País Vasco (2017) y es licenciado en Economía (Universidad de Alcalá, 2011). Sus trabajos han sido publicados en importantes revistas internacionales y ha participado en importantes congresos internacionales. Su tesis doctoral le valió el premio Enrique Fuentes Quintana (Funcas, 2018). Recientemente, ha sido galardonado con una beca Marie-Curie

Global Fellowships. Su principal interés como investigador es crear y difundir conocimiento en el campo de la energía, el cambio climático, la economía pública y los impactos distributivos de las políticas de mitigación del cambio climático

GÓMEZ SAN ROMÁN, Tomás. Es profesor de ingeniería eléctrica en la Escuela de Ingeniería de la Universidad Pontificia Comillas y director del Instituto de Investigación Tecnológica (IIT) de dicha Universidad. Obtuvo el título de doctor ingeniero industrial por la Universidad Politécnica de Madrid en 1989, y el título de ingeniero industrial especialidad de Electricidad por la Universidad Pontificia Comillas, Madrid, en 1982. Ingresó en el IIT en 1984. Desde 1994 hasta el año 2000 desempeñó también el cargo de director del IIT, y desde el 2000 hasta finales del 2002 el de vicerrector de Investigación, Desarrollo e Innovación de la Universidad Pontificia Comillas. Ha sido consejero de la Comisión Nacional de Energía entre 2011 y 2013. Tiene amplia experiencia en la realización de proyectos de investigación aplicada en el área de Sistemas de Energía Eléctrica en colaboración con instituciones españolas, latinoamericanas y europeas. Ha publicado más de cien artículos en revistas especializadas como el *IEEE PES Transactions* y en diferentes Conferencias, y es coautor del libro «Electricity Economics: Regulation and Deregulation» publicado en Wiley-IEEE Press.

GONZÁLEZ MARTÍNEZ, Clara I. Doctora en Economía (UCM - Premio «Funcas - Enrique Fuentes Quintana»), licenciada en Ciencias Actuariales y Financieras (ICADE) y licenciada en Administración y Dirección de Empresas (ICADE). Es economista sénior en el departamento de Estabilidad Financiera y Política Macropudencial del Banco de España desde 2015. Anteriormente ha trabajado en la DGA de Asuntos Internacionales del Banco de España, en la Oficina Económica del Presidente del Gobierno, en la Fundación de Estudios de Economía Aplicada (FEDEA) y en el Servicio de Estudios del Banco de España. Entre las áreas de trabajo e investigación se encuentran el análisis macropudencial, cambio climático y finanzas sostenibles, envejecimiento y sostenibilidad del sistema de pensiones de la Seguridad Social. Ha participado en diversos encuentros, conferencias y congresos académicos y cuenta con varias publicaciones, entre otras, en las revistas *Hacienda Pública Española*, *SERIEs - Journal of the Spanish Economic Association*, *Revista de Estabilidad Financiera* del Banco de España.

GONZÁLEZ-EGUINO, Mikel. Es catedrático de investigación en el Basque Centre for Climate Change (BC3) y profesor en la Universidad del País Vasco. Es doctor en Economía e ingeniero en Organización Industrial. Sus principales intereses se centran en el cambio climático y el apoyo científico a la toma de decisiones en materia de transición energética. Su trabajo ha sido publicado en las principales revistas del área. Ha trabajado en el análisis de políticas públicas para el Gobierno Vasco o el Ministerio para la Transición Ecológica y ha liderado proyectos financiados por la Comisión Europea. Es premio Enrique Fuentes Quintana y vicepresidente de la Asociación Española de Economía de la Energía.

HELENO, Miguel. Es doctor en Sistemas de Energías Renovables por el Programa MIT Portugal. Actualmente es investigador científico en el Lawrence Berkeley National Lab, donde dirige proyectos en el área de Planificación Energética y Recursos Energéticos Distribuidos.

KRATENA, Kurt. Es doctor en Economía por la Universidad de Económicas y Empresariales de Viena (1988), en 2008 obtuvo su acreditación como catedrático en la Universidad de Klagenfurt (Austria). Investigador, desde 1993, en el Instituto Austriaco de Investigación Económica (WIFO), desde 2015 es director del Centre of Economic Scenario Analysis and Research (CESAR). En colaboración con el JRC/IPTS de la

Comisión Europea ha desarrollado un modelo macroeconómico multi-regional input-output global (2009 - 2014). Ha participado en varios proyectos del programa de marco (6th and 7th Framework Program) de la Comisión Europea.

LABANDEIRA, Xavier. Es catedrático de Economía en la Universidad de Vigo, director de Economics for Energy y forma parte del Grupo Intergubernamental sobre Cambio Climático de la ONU para la elaboración del su quinto y sexto Informes de Evaluación. Su investigación se sitúa en la frontera entre la economía climática, pública y energética, publicando en las principales revistas académicas de estos campos y participando asiduamente, en muchos casos como organizador, en congresos y seminarios académicos. Ha dirigido abundantes tesis doctorales y proyectos de investigación, y ha realizado estancias en varias universidades internacionales. La Academia Galega de Ciencias le concedió la medalla a la trayectoria investigadora en el ámbito económico y de las ciencias sociales.

LABEAGA, José María. Es catedrático de Fundamentos del Análisis Económico en la Universidad Nacional de Educación a Distancia. Fue director general del Instituto de Estudios Fiscales y director de la Cátedra FEDEA-BBVA de Nuevos Consumidores en la Fundación de Estudios de Economía Aplicada. Las áreas en las que ha desarrollado su investigación incluyen el análisis del comportamiento individual en las decisiones de consumo y oferta de trabajo, así como la simulación y evaluación de los efectos de las políticas públicas. Ha sido miembro del comité científico o del comité asesor y editor de diversas revistas académicas y ha publicado los resultados de sus investigaciones en las principales revistas académicas de su especialidad.

LÁZARO TOUZA, Lara. Es doctora por la London School of Economics (LSE), *Master in Environmental Assessment and Evaluation* por la LSE y licenciada en Ciencias Económicas por la Universidad Autónoma de Madrid. Es investigadora principal del Programa de Energía y Cambio Climático en el Real Instituto Elcano, profesora de Teoría Económica en el Centro de Enseñanza Superior Cardenal Cisneros, adscrito a la UCM y profesora de *Political Economy of Climate Change* en el *Master in International Development* del Instituto de Empresa y el United Nations System Staff College. Ha sido directora del *Master in Environmental Management* del Instituto de Empresa. También ha trabajado en la London School of Economics como *Fellow*. Es investigadora de un proyecto H2020 financiado por la Comisión Europea llamado MUSTEC y en otro proyecto financiado por el Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital titulado «La Nueva Ruta de la Seda: influencia de China en la gobernanza global e implicaciones para España». Trabajó para Abengoa Research y para el Centro Tecnológico de Repsol. Ha participado en el programa *International Visitor Leadership Program (IVLP)* de energía y cambio climático del Departamento de Estado de EE.UU. y en el programa *Climate Policy for 2050* del Ministerio de Asuntos Exteriores de Alemania. Ha obtenido diversas becas de investigación de la London School of Economics. Ha publicado más de cien artículos a nivel nacional e internacional en las áreas de política y economía ambiental, gobernanza del cambio climático, derrames de petróleo, técnicas de preferencias declaradas y transición energética.

LINARES, Pedro. Profesor del Departamento de Organización Industrial de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería ICAI, director de la Cátedra BP de Energía y Sostenibilidad, y cofundador y director de Economics for Energy. También es investigador del Instituto de Investigación Tecnológica (IIT) e investigador asociado en MIT CEPR. Actualmente es director de la Escuela Internacional de Doctorado de la Universidad Pontificia Comillas. En lo que respecta a su docencia e investigación, en su mayoría se dedica a estudiar la relación entre la

energía, la economía y el medio ambiente, y en particular las políticas energéticas sostenibles, la eficiencia energética, y los modelos energéticos; así como la toma de decisiones (sobre todo los métodos de decisión multicriterio). Ha publicado sobre casi todos estos temas en las revistas relevantes más habituales del sector. También ha participado en numerosos proyectos de investigación y consultoría para empresas e instituciones públicas y privadas en España, Europa y América Latina. Es miembro de AEEE-IAEE y la International Society on MCDM.

LOBATO, Julieta Abogada y doctoranda por la Universidad de Buenos Aires. Investigadora en formación en «Instituto de Investigaciones Jurídicas y Sociales A. L. Gioja» y docente de Derecho del Trabajo en la Facultad de Derecho de la Universidad de Buenos Aires.

LÓPEZ-OTERO, Xiral. Es doctor en Economía por la Universidad de Vigo y Máster en Economía Industrial por la Universidad Carlos III de Madrid. En la actualidad es investigador en la Universidad Nacional de Educación a Distancia, con una trayectoria profesional previa en la Universidad de Vigo y en Iberdrola. Su actividad académica ha estado centrada en la investigación relacionada con la economía energética y ambiental, fundamentalmente en los campos de la fiscalidad energético-ambiental, la demanda de energía y la pobreza energética, contado con varias publicaciones en las principales revistas académicas de su especialidad.

MARQUÉS, Javier. Ingeniero industrial especialidad técnicas energéticas por la Universidad del País Vasco. Actualmente es director técnico del Ente Vasco de la Energía (EVE), donde ha desarrollado toda su carrera profesional. Tiene más de treinta y cinco años de experiencia en el sector energético, principalmente en eficiencia energética y energías renovables.

MONZÓN DE CÁCERES, Andrés. Catedrático de Ingeniería del Transporte, Territorio y Urbanismo, de la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid. Consejo Asesor del Ministerio de Fomento, director del Observatorio de la Movilidad Metropolitana, *co-chair* del Working Group of Urban Mobility of ECTRAC (European Road Transport Research Advisory Council), presidente del Foro de Ingeniería del Transporte, Board of ECTRI (European Conference of Transport Research Institutes) y responsable del Grupo de Gestión de la Movilidad de TRANSyT (Centro de Investigación del Transporte) de la UPM. Comité Científico-Técnico de Cambio Climático de la Comunidad de Madrid.

NIETO SÁINZ, Joaquín. Desde 2011 es director de la Oficina de la OIT para España. Ha sido secretario confederal de Medio Ambiente y Salud Laboral de CC.OO., presidente de la Fundación Laboral Internacional para el Desarrollo Sostenible (SUSTAINLABOUR) y presidente y cofundador del Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS). Ha representado a los trabajadores en las Cumbres de Cambio Climático desde la COP 1 (Berlín) hasta la COP 15 (Copenhague), en el Foro Consultivo de Medio Ambiente de la UE, en la Comisión de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas y en el PNUMA. Ha recibido el premio a la Trayectoria personal en defensa de la Tierra (2002) y el premio APIA de la Asociación de Periodistas de Información Ambiental (2003). Autor del libro *Los desafíos del cambio climático* y coautor de *Labour and the Environmet: a natural synergy*.

NÚÑEZ RAMOS, Soledad. Desde octubre de 2018 es miembro del Consejo de Gobierno y de la Comisión Ejecutiva del Banco de España. Es doctora en Economía por la Universidad de Minnesota (EE.UU.) y doctora en Ciencias Económicas y Empresariales, por la Universidad

Complutense de Madrid. En 1987 ingresó en el Banco de España como titulado del Servicio de Estudios, donde permaneció hasta mayo de 2004, a excepción de una comisión de servicios realizada en 2003 en el Banco de Inglaterra. En mayo de 2004 fue nombrada directora general de Política Económica en la Oficina Económica del Presidente del Gobierno. Desde febrero de 2005 hasta diciembre de 2011 ocupó el cargo de directora general del Tesoro y Política Financiera, siendo, además, miembro del Consejo del Banco de España y de la CNMV, así como de varios grupos y comités internacionales. En 2012 fue nombrada miembro externo del Consejo de TARGET2-Securities (T2S), del Banco Central Europeo, posición que mantuvo hasta 2015, cuando reingresó en el Banco de España como asesora sénior en la dirección general de Estabilidad Financiera, Regulación y Resolución. Ha sido, además, profesora asociada del departamento de Economía, en la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Complutense de Madrid y de la IE University.

OLAZABAL, Marta. Es *research fellow* en el Basque Centre for Climate Change (BC3) donde lidera el grupo de investigación en Adaptación. Es Ingeniera ambiental (Escuela de Ingenieros de Bilbao, 2004) y doctora en Economía Territorial por la Universidad de Cambridge (2015). Actualmente está financiada por AXA Research Fund y Juan de la Cierva-Incorporación. Desde 2005, ha realizado numerosas estancias en centros internacionales. Es experta en gobernanza y planificación del cambio climático en ciudades, y en la evaluación del progreso de la adaptación. Actualmente desarrolla estudios comparativos a nivel estatal, europeo e internacional sobre políticas climáticas urbanas.

PIZARRO-IRIZAR, Cristina. Es profesora en la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) e investigadora asociada al Basque Centre for Climate Change. Ingeniero de Telecomunicaciones y doctora en Economía por la UPV/EHU, cuenta con un Máster en Finanzas (Colegio Universitario de Estudios Financieros) y un Máster en Economía (UPV/EHU). Su línea de investigación se centra en la economía de las energías renovables, análisis del mercado eléctrico y políticas de apoyo a las fuentes renovables. Ha publicado en revistas especializadas en energía y participado en proyectos de investigación. En 2013 obtuvo el Premio Joven Investigador de la Asociación Española para la Economía Energética

RODILLA, Pablo. Es investigador en el Instituto de Investigación Tecnológica (IIT) de la Universidad Pontificia de Comillas en Madrid, donde es coordinador del Área de Regulación y Economía de la Energía. Es profesor de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería ICAI de Economía de la Energía y de Regulación de Sistemas de Energía Eléctrica. Sus áreas de especialización son por un lado la operación y planificación de la generación de electricidad, con especial atención a los modelos para el análisis de mercados de imperfectos y modelos de planificación para la integración de generación renovable y, por otro, la regulación de sistemas de energía eléctrica, en especial en el diseño de mercados mayoristas y de mercados de capacidad. Desde agosto de 2015 a agosto de 2016 fue *visiting scholar* en el Massachusetts Institute of Technology (MIT). También ha prestado servicios de consultoría a gobiernos, instituciones internacionales, asociaciones industriales y empresas de servicios públicos en más de diez países. Ha publicado más de treinta artículos en revistas internacionales y actas de congresos.

RODRÍGUEZ-ZÚÑIGA, Alejandro. Es Máster ingeniero industrial por la Universidad de Navarra (2018). Graduado en Ingeniería Eléctrica (2016) y graduado en Tecnologías Industriales (2017) también por la Universidad de Navarra. Su Proyecto Final de Máster se centró en analizar los impactos económicos, sociales, ambientales y para la salud de la electrificación de las flotas de vehículos de la Administración Pública del País Vasco. Actualmente trabaja en el Basque Centre for Climate

Change como *research assistant*. Su investigación principal se centra en el campo de la energía, el cambio climático y la política energética. Ha participado en varios proyectos relacionados con el tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones utilizando tecnologías naturales de bajo consumo energético y en el diseño de instalaciones solares fotovoltaicas.

RUIZ URIARTE, Itsaso. Licenciada en Geología por la Universidad de Barcelona en otoño de 2011. Máster internacional en Geociencias Marinas en la Universidad de Bremen, Alemania (2015). Ha trabajado en el MARUM-Zentrum für Marine Umweltwissenschaften y el AWI-Alfred Wegener Institute. Actualmente, se encuentra realizando el último año de tesis doctoral en el Basque Centre for Climate Change (BC3) bajo la Universidad del País Vasco (UPV/EHU). Ha colaborado en distintos programas de investigación: sobre la evolución climática, y en distintos proyectos para organismos de las Naciones Unidas y gobiernos regionales: Asimismo, ha realizado una estancia en la Universidad de Nagaoka (Japón).

SÁENZ DE ORMIJANA, Txetxu. Ingeniero industrial especialidad técnicas energéticas por la Universidad del País Vasco, se incorporó al Ente Vasco de la Energía (EVE) en 1983, donde es director de Estudios y Planificación Energética. Entre sus facetas está el haber participado en el diseño de las diversas estrategias de política energética del Gobierno Vasco de los últimos 30 años.

SAINZ DE MURIETA, Elisa. Es investigadora en el Basque Centre for Climate Change (BC3), donde se ha especializado en el estudio de los impactos del cambio climático desde una perspectiva socioeconómica, así como el análisis de políticas de adaptación, con un foco especial en zonas costeras. Doctora en Ciencias Geológicas por la Universidad del País Vasco (UPV/EHU, 2016), ha participado en diversos proyectos de investigación financiados por la Unión Europea, el Ministerio de Transición Ecológica o el Gobierno Vasco. Entre 2017 y 2019 ha sido *visiting fellow* del Grantham Research Institute (London School of Economics).

SAMPEDRO, Jon. Es investigador posdoctoral en el Joint Global Change Research Institute (PNNL y Universidad de Maryland). También es investigador asociado en el Basque Centre for Climate Change (BC3). Es doctor en economía por la Universidad del País Vasco (UPV-EHU). Su principal área de trabajo son los cobeneficios asociados a las medidas de mitigación, asociadas a la descarbonización del sistema. Ha publicado artículos en distintas revistas científicas y ha colaborado con distintas organizaciones como el Ministerio para la Transición Ecológica o la Organización Mundial de la Salud.

SÁNCHEZ, Ana Belén. Es ingeniera agrícola con una Maestría en energías renovables y mercado energético por la Escuela de Organización Industrial y una Maestría en Economía de la Agricultura por la Universidad de Londres. En la actualidad es especialista de empleo verde de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) para América Latina y el Caribe con base en México. Con anterioridad fue coordinadora del departamento de sostenibilidad de la Fundación Alternativas y es colaboradora habitual del Centro de Formación de la OIT de Turín (Italia). Así mismo, formó parte del Programa de Empleos verdes de la misma organización en Ginebra (Suiza) como especialista de cambio climático. En los últimos años, ha trabajado en la agenda de empleo verde, el cambio climático, energía y sostenibilidad con diferentes organizaciones y realizado informes estas mismas temáticas para Greenepeace, Unicef y ECODES entre otros.

SANZ, Estíbaliz. Es licenciada en Derecho y diplomada en Urbanismo, con una amplia experiencia laboral en la planificación urbana sostenible, principalmente enfocada en el cambio climático. Durante estos últimos quince años ha participado en la elaboración de estrategias y planes de cambio climático de diferentes municipios y regiones, lo que le ha permitido conocer sus barreras y necesidades. Asimismo, ha participado en diferentes proyectos europeos, estatales, y regionales relacionados con la resiliencia urbana ante el cambio climático. En la actualidad, se encuentra trabajando en BC3 en la elaboración de proyectos y propuestas relacionados principalmente con la adaptación, y a su vez, cursando su tesis doctoral sobre la integración del cambio climático en las políticas y planificación urbana.

SANZ-SÁNCHEZ, María José. Es Ikerbasque professor y directora científica en el BC3 (Basque Centre for Climate Change). Doctora en Ciencias Biológicas por la Universitat de Valencia, realizó sus estudios postdoctorales en la Arizona State University. Ha sido directora del Programa de Ciclo de Carbono y Efectos de la Contaminación de la Fundación CEAM (Valencia) entre 1992 y 2007, oficial sénior del secretariado de la Convención Marco de Cambio Climático de la Naciones Unidas entre 2007 y 2011, y coordinadora del Programa ONU REDD por la FAO entre 2012 y 2016. Su investigación se vincula a los efectos de la contaminación en los ecosistemas vegetales, los ciclos del carbono y el nitrógeno, el uso de la tierra en el contexto de la mitigación y la adaptación al cambio climático. Ha contribuido a siete documentos del IPCC desde el año 2003. Tiene más de cien publicaciones, entre las que se encuentran revistas como *Nature*, *Nature Climate Change*, *PNAS* y *Global Change Biology*.

SOBRINO VÁZQUEZ, Natalia. Doctora ingeniera en Sistemas de la Ingeniería Civil: Transportes (UPM). Profesora ayudante doctora en la Escuela de Ingeniería Civil en la UPM, impartiendo la asignatura de Transportes. Trabajó como responsable de proyectos internacionales de innovación en el Consorcio de Transportes de Madrid (2015-2017). Es investigadora sénior en TRANSyT (Centro de Investigación del Transporte) de la UPM siendo especialista en la planificación de transportes, gestión de la movilidad sostenible y evaluación de las externalidades del transporte. Ha participado en diferentes congresos nacionales e internacionales como ponente y cuenta con más de diez artículos en revistas especializadas de transportes.

SORMAN, Alevgul H. Es Ikerbasque Fellow en BC3 (Basque Centre for Climate Change). Es doctora en ciencias ambientales de la Universidad Autónoma de Barcelona y su investigación vincula conceptos del metabolismo social y energético a debates de justicia energética con un enfoque a temas de género para una transformación energética. Ha publicado en revistas como *Global Environmental Change*, *Energy Policy*, *Wiley Climate Change*. Anteriormente ha sido investigadora visitante en el Instituto Pufendorf de Estudios Avanzados (Suecia), la Universidad Federal de Río de Janeiro (Brasil), el Instituto de Altos Estudios (Ecuador) y el Instituto Nacional Italiano de Estadística (Italia).

VICTORIA, Marta. Es ingeniera aeronáutica y doctora en Energía Solar por la Universidad Politécnica de Madrid. Actualmente trabaja como profesora en la Universidad de Aarhus (Dinamarca) donde investiga en sistemas energéticos con alta penetración renovable. Marta y Cristóbal Gallego son miembros fundadores del Observatorio Crítico de la Energía.

PUBLICACIONES DE FUNCAS

Últimos números publicados:

PAPELES DE ECONOMÍA ESPAÑOLA

N.º 161. Presente y futuro de la Seguridad Social

N.º 162. La gestión de la información en banca: de las finanzas del comportamiento a la inteligencia artificial

PANORAMA SOCIAL

N.º 29. Pobreza y rentas mínimas

N.º 30. Opinión pública y encuestas

CUADERNOS DE INFORMACIÓN ECONÓMICA

N.º 274. Consolidación fiscal, vivienda, cambio climático

SPANISH ECONOMIC AND FINANCIAL OUTLOOK

Vol. 9, N.º 1 (2020) Spain's fiscal challenge under the new administration

PAPELES DE ENERGÍA

N.º 8. Enero (2020)

ESTUDIOS DE LA FUNDACIÓN

N.º 91. Crisis económica y desigualdad de la renta en España. Efectos distributivos de las políticas públicas

LIBROS

El sector público español: reformas pendientes

AÑO 2020

Publicación	Suscripción*			Números sueltos**	
	Suscripción anual	Edición papel €	Edición digital	Edición papel €	Edición digital
Papeles de Economía Española	4 números	55	Gratuita	20	Gratuito
Cuadernos de Información Económica	6 números	45	Gratuita	15	Gratuito
Panorama Social	2 números	25	Gratuita	18	Gratuito
Spanish Economic and Financial Outlook	6 números	35	Gratuita	15	Gratuito
Papeles de Energía	2 números	25	Gratuita	18	Gratuito
Estudios (números sueltos)	--	--	Gratuita	17	Gratuito

Los precios incluyen el IVA. No incluyen los gastos de envío.

* Gastos de envío: España, 7€/año; Europa, 10€/ejemplar; resto países: 20,85€/ejemplar.

** Gastos de envío: correo postal (Madrid y provincias): 1€.

Servicio de mensajería: Madrid capital, 3,45€; resto provincias, 10,44€.

Forma de pago: domiciliación bancaria, transferencia bancaria.

SUSCRIPCIÓN Y PEDIDOS

INTERNET: <http://www.funcas.es/Publicaciones/Publicaciones.aspx?Id=0>

E-MAIL: publica@funcas.es

funcas

PAPELES DE ECONOMÍA ESPAÑOLA

Últimos números publicados

- nº 141 *El reto de la unión fiscal europea*
- nº 142 *La triple meta para el futuro de la sanidad*
- nº 143 *La nueva reforma de la financiación autonómica: Análisis y propuestas*
- nº 144 *La industria española: Un impulso necesario*
- nº 145 *Regulación y política de defensa de la competencia en España*
- nº 146 *Mercados de crédito*
- nº 147 *Gasto público en España: presente y futuro*
- nº 148 *Las comunidades autónomas dispuestas a crecer*
- nº 149 *Transformación digital en los medios de pago*
- nº 150 *Competitividad en los mercados internacionales: búsqueda de ventajas*
- nº 151 *Economía y Derecho*
- nº 152 *Redes de interacción social y espacial: aplicaciones a la economía española*
- nº 153 *Economía de las ciudades*
- nº 154 *La teoría económica de las reformas fiscales: análisis y aplicaciones para España*
- nº 155 *El negocio bancario tras las expansiones cuantitativas*
- nº 156 *Los problemas del mercado de trabajo y las reformas pendientes*
- nº 157 *Análisis económico de la revolución digital*
- nº 158 *El sector exterior en la recuperación*
- nº 159 *Deporte y Economía*
- nº 160 *Medicamentos, innovación tecnológica y economía*
- nº. 161 *Presente y futuro de la Seguridad Social*
- nº. 162 *La gestión de la información en banca: de las finanzas del comportamiento a la inteligencia artificial*

