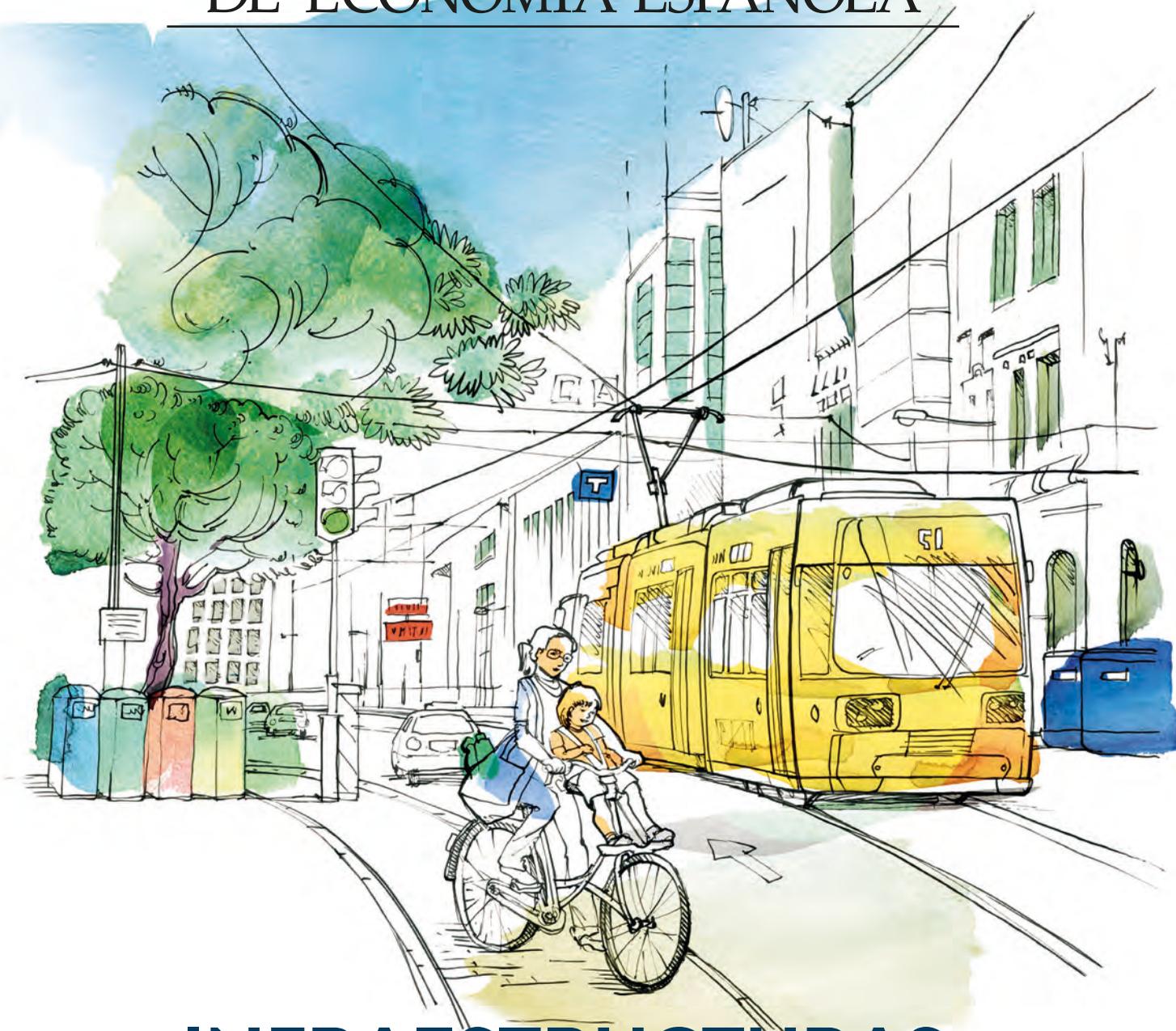


PAPELES DE ECONOMÍA ESPAÑOLA



INFRAESTRUCTURAS TERRESTRES, TRANSPORTE Y MOVILIDAD DE PERSONAS

PAPELES
DE ECONOMÍA ESPAÑOLA

171

2022

ISSN: 0210-9107



PATRONATO

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

PAPELES DE ECONOMÍA ESPAÑOLA

DIRECTOR

Eduardo Bandrés Moliné

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

©Adobe Stock. Paisaje urbano con vehículos saludables y depósitos para la recogida selectiva de basura

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:	Transporte
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.

SUMARIO

INTRODUCCIÓN EDITORIAL

Infraestructuras terrestres, transporte y movilidad de personas

v

COLABORACIONES

I. INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE TERRESTRE

Infraestructuras viarias: dotación, mantenimiento y financiación:	2	<i>Mar González Savignat</i>
El ferrocarril de alta velocidad en España y otros países europeos: un análisis comparativo:	15	<i>Carlos Lérida Navarro, Gustavo Nombela y Manuel Tránchez Martín</i>

II. EL TRANSPORTE TERRESTRE DE PERSONAS

¿Qué modo de transporte prefieren los viajeros? Evidencia empírica sobre la demanda de transporte en España:	36	<i>Javier Asensio</i>
Posesión del carnet de conducir: falacias y realidades:	50	<i>María J. Moral</i>
El coche eléctrico: fortalezas y debilidades para su expansión:	63	<i>Ángel Arcos-Vargas</i>

III. LA MOVILIDAD DE LAS PERSONAS EN EL SIGLO XXI

La movilidad presente y futura en Europa:	76	<i>Pascual Berrone, Joan Enric Ricart y Esther Brito</i>
Nuevos modelos de negocio en movilidad urbana compartida:	93	<i>Jorge Fernández Gómez</i>
El transporte público urbano: financiación y uso:	109	<i>Anna Matas Prat y Jordi Perdiguero García</i>

Estudio de la movilidad con la tecnología *big data*:
posibilidades por explorar: 125 *Javier Burrieza-Galán*

Desafíos para la regulación del uso del vehículo
privado en las ciudades: 135 *Gerard Llobet*

IV. ANÁLISIS DE CASOS

Patinetes eléctricos y bicicletas compartidas.
Nuevos transportes urbanos, nuevos usuarios.
El caso de Barcelona: 148 *Carme Miralles-Guasch,
Oriol Roig-Costa y
Oriol Marquet*

¿Son efectivas las zonas de bajas emisiones?
el caso del centro de Madrid: 159 *Irene Lebrusán y
Jamal Toutouh*

INFRAESTRUCTURAS TERRESTRES, TRANSPORTE Y MOVILIDAD DE PERSONAS

AVANZANDO CON LA MOVILIDAD

LA globalización de la economía y la sociedad ha cambiado muchos aspectos de la vida cotidiana de la gente y uno de ellos es la necesidad de una mayor movilidad. El transporte ha potenciado el crecimiento económico, facilitando a la población el acceso a más y mejores servicios de educación, sanidad, ocio y cultura o simplemente puestos de trabajo. El avance del transporte ha posibilitado la conectividad de las personas y el desplazamiento de mercancías por tierra, mar y aire. Se trata, por tanto, de un tema muy amplio que incide en la economía generando progreso, pero también impactos negativos sobre el medio ambiente o la salud. Este volumen de PAPELES DE ECONOMÍA ESPAÑOLA ha focalizado la atención hacia la movilidad de las personas en medios de transporte terrestre, es decir, en transporte ferroviario y por carretera. Incluso con esta delimitación se comprueba que, en los últimos años, están apareciendo nuevos medios de transporte. Así, junto con los modos tradicionales (automóvil, moto, autobús, metro, tren o tranvía), en las grandes ciudades españolas están tomando protagonismo lo que se ha denominado la «movilidad activa» (bicicleta, patinete y los desplazamientos a pie). Además, se está produciendo una verdadera revolución en las formas de uso de medios de transporte como el coche o la moto, que tradicionalmente eran un medio privado (a excepción del taxi y el coche de alquiler) y, en la actualidad, están aumentando la oferta de transporte público, gracias a los modelos de negocio que permiten el uso compartido.

El estudio de la movilidad de las personas es un reto apasionante se mire bien desde una perspectiva de movilidad en las grandes distancias, bien dentro de las ciudades. Los dos son ámbitos estratégicos en un país donde la despoblación de las zonas rurales incide en la cohesión y el desarrollo de los territorios y donde la contaminación en las grandes ciudades repercute en la salud y la calidad de vida de sus habitantes.

La pandemia por el COVID-19 ha interferido enormemente en la movilidad de las personas. Al inicio por la prohibición de la movilidad (excepto la necesaria para las actividades esenciales), y más tarde,

INTRODUCCIÓN EDITORIAL

**EL TRANSPORTE
HA POTENCIADO
EL CRECIMIENTO
ECONÓMICO,
FACILITANDO A LA
POBLACIÓN EL ACCESO
A MÁS Y MEJORES
SERVICIOS**

**EXISTE UNA
VERDADERA
REVOLUCIÓN EN
LAS FORMAS DE
USO DE LOS MEDIOS
DE TRANSPORTE
TERRESTRE COMO EL
COCHE O LA MOTO**

LA DIGITALIZACIÓN DE ACTIVIDADES DIARIAS Y LA DESCONFIANZA POR CUESTIONES DE SALUD EXPLICAN UNA DISMINUCIÓN EN EL TRANSPORTE PÚBLICO DESDE LA PANDEMIA

por la lentitud en alcanzar los niveles de movilidad prepandemia. Es cierto que este retraso puede explicarse por la masiva digitalización en las actividades diarias de los habitantes (en especial, en las grandes ciudades), y cuya máxima expresión son el teletrabajo (que ha pasado de menos del 2 por 100 en 2019 a casi el 10 por 100 en 2020) y el comercio *online* (en 2020 creció un 5,8 por 100 respecto a 2019). En este caso, entonces, se trataría de un efecto permanente sobre la movilidad. Sin embargo, la demora observada podría estar motivada por un sentimiento de desconfianza ante el transporte público por cuestiones sanitarias, en cuyo caso, sería un fenómeno transitorio sobre el que habría que actuar pues de persistir pondría en peligro la consecución los objetivos de descarbonización de la economía.

La aparición de nuevos modos de transporte, las diferentes formas de utilizar esos medios de transporte y los compromisos internacionales adquiridos de protección del medio ambiente están modificando (y modificarán) la movilidad de las personas. A esta estimulante cuestión se dedica este número de PAPELES DE ECONOMÍA ESPAÑOLA con el título *Infraestructuras terrestres, transporte y movilidad de personas* que ha sido coordinado por **María José Moral**.

Desde un planteamiento transversal se aportan diferentes puntos de análisis que se han aglutinado en cuatro bloques temáticos. El primero de ellos examina las infraestructuras de transporte terrestres disponibles en España, cuya dotación en vías de alta capacidad (viarias y ferroviarias) es la más elevada de la Unión Europea. En el segundo bloque se investiga cómo los ciudadanos deciden entre los medios de transporte, desde un punto de vista metodológico del análisis de la demanda de modos de transporte, sin olvidar la preferencia por el vehículo privado y, en particular, por el vehículo eléctrico. En el tercer bloque se pone el foco de atención en la movilidad de las personas en el siglo XXI. Se analizan los nuevos modelos de movilidad que coexisten con los tradicionales y cuál es el papel que debe desempeñar el transporte público en este nuevo paradigma. Además, se plantean las posibilidades de medición que ofrece el *big data* en un mundo interconectado digitalmente. Por último, se reflexiona sobre cómo debe ser la regulación que compagine el uso del vehículo privado con esas nuevas formas de movilidad. Finalmente, el cuarto bloque presenta dos estudios de casos en sendas ciudades españolas. En el primer caso, se cuantifica y caracteriza el crecimiento del uso de la bicicleta y el patinete en Barcelona. Por su

parte, en el segundo, se examinan los efectos de la zona de bajas emisiones del centro de Madrid.

A continuación, se repasan brevemente los resultados más relevantes de cada una de las contribuciones.

En el primer bloque de infraestructuras se encuentran dos artículos. El primero lo firma **Mar González Savignat**, quien muestra la elevada capacidad en carreteras de alta capacidad en España. Evidentemente, esto no es en sí mismo algo contraproducente, pero sí puede acarrear problemas de gestión de recursos y de infrautilización. Por ello, alerta sobre la necesidad de revisar las estrategias de inversión; de manera que se ponga el acento en la capacidad de financiación y no solo en la demanda (como se ha venido haciendo hasta ahora). Además, propone que se priorice el mantenimiento de la red viaria ya existente frente a nuevas inversiones. En este sentido, la autora plantea un cambio hacia un modelo de autofinanciación («pago por uso») que garantice una mayor eficiencia en el empleo de los recursos públicos.

El artículo escrito por **Carlos Lérica Navarro, Gustavo Nombela** y **Manuel Tránchez Martín** recoge un análisis pormenorizado de la dotación de las infraestructuras ferroviarias españolas en comparación con Francia, Italia y Alemania. Lo primero que se constata es que la red ferroviaria de alta velocidad en España es la más extensa de Europa; situación a la que se ha llegado por priorizar las relaciones de concesión entre la Administración Central y las comunidades autónomas frente a la evaluación coste-beneficio de la inversión. Francia, por ejemplo, inicialmente había previsto llegar a más kilómetros de alta capacidad ferroviaria, pero la puesta en marcha de planes de control del gasto público ha paralizado estas inversiones. Alemania e Italia, por su parte, dedicaron mayoritariamente sus recursos a mejorar la red existente lo que les ha permitido alcanzar una buena dotación de alta capacidad ferroviaria con menores inversiones. Un aspecto relevante que se señala es la falta de resultados contundentes sobre que el tren de alta velocidad genere efectos de cohesión entre los territorios debido a que, en ocasiones, lo que ocurre es que se potencia la aglomeración y el crecimiento de los polos de la ruta. No obstante, la mayor ventaja de este modo de transporte es su contribución a la protección del medio ambiente en cuanto que acapara viajeros de otros medios más contaminantes (avión y coche).

**EN ESPAÑA, LA
DOTACIÓN EN
VÍAS DE ALTA
CAPACIDAD (VIARIAS Y
FERROVIARIAS) ES LA
MÁS ELEVADA DE LA
UNIÓN EUROPEA**

LOS MODELOS DE ELECCIÓN DISCRETA FUERON EL PUNTO DE INFLEXIÓN HACIA LOS ESTUDIOS EMPÍRICOS MÁS RIGUROSOS

En el segundo bloque se incluyen cuatro contribuciones. **Javier Asensio** plantea un panorama sobre los estudios de demanda de modos de transporte en España en las dos últimas décadas. En primer lugar, esboza las metodologías aplicadas en las que los modelos de elección discreta propuestos por Daniel McFadden fueron el punto de inflexión hacia estimaciones de demanda más rigurosas y útiles. En la exposición de los trabajos se distingue entre aquellos que se centran en la decisión que «genera» el trayecto respecto de aquellos que ponen el foco de atención en la decisión de «qué modo de transporte» se elige (condicionado a que se necesita realizar un determinado trayecto). El autor muestra que, en los inicios de las inversiones en la red ferroviaria de alta capacidad, los estudios se dedicaron a explicar la elección de este modo de transporte. Recientemente, sin embargo, se ha vuelto al estudio de la disyuntiva transporte público-privado y, dentro del transporte público, la elección de los nuevos modelos de movilidad.

Seguidamente, **María J. Moral** estudia la decisión de los individuos de obtener el carnet de conducir un coche. Al contrario de lo que se puede pensar *a priori*, la cuota de conductores ha aumentado en la última década. Lo que sí está ocurriendo es que cada vez más conductores poseen el carnet de coche y de moto. En el caso de los jóvenes se debe a que se sacan el carnet de moto pronto (a partir de los dieciséis años) para poder hacer uso del *motosharing*. En el caso de los conductores más maduros con una antigüedad en el carnet de más de tres años (que les permite utilizar el *motosharing*), lo que sucede es que está aumentando la preferencia por las motos más potentes (que si requieren el carnet específico de moto). Por tanto, se conducen más motos, pero no se abandona el automóvil. Otro resultado paradójico es que el diferencial de género es más alto entre los jóvenes de dieciocho a veinte años que entre los veinticinco y los cuarenta años.

LOS PRINCIPALES REPAROS PARA COMPRAR UN COCHE ELÉCTRICO SON LA INFRAESTRUCTURA DE RECARGA Y LA AUTONOMÍA

El tercer artículo de este bloque lo firma Ángel Arcos-Vargas. En este artículo se revisan los reparos y dudas que explican que la demanda del coche eléctrico se mantenga todavía en niveles marginales (un 2 por 100). Entre las causas que identifica están fundamentalmente dos: la escasa infraestructura de recarga (especialmente, de recarga rápida) y una baja autonomía real de los vehículos eléctricos. Ambos factores combinados suponen un serio problema para los hogares que solo quieren un vehículo pues, independientemente de que la mayor parte de los desplazamientos sean cortos, se debe tener la seguridad

de poder realizar trayectos largos en un tiempo prudencial. Un tercer elemento disuasorio sería el coste de adquisición, aunque a la vista de las ayudas y subvenciones que se quedan desiertas, esta cuestión está supeditada a las dos anteriores. No obstante, el autor es optimista en cuanto a la consecución de una completa electrificación del transporte ligero en los próximos años.

En el siguiente bloque el foco se dirige a la medición y evaluación de la movilidad de las personas, con una atención especial a lo ocurrido tras la pandemia. En el primer artículo, **Pascual Berrone, Joan Enric Ricart y Esther Brito** ponen de manifiesto que la movilidad sostenible es cada vez más importante y que, efectivamente, la pandemia ha cambiado los patrones de movilidad. Para ello, construyen el índice *Cities in Motion* que les permite realizar un diagnóstico del estado de la movilidad en las ciudades europeas. A partir de esta evidencia discuten sobre un modelo de gestión urbana inteligente en el que se deben identificar los aspectos en los que las autoridades públicas deben intervenir para conseguir sus planes estratégicos de movilidad. Algunas de estas cuestiones son: las infraestructuras y la planificación urbana, las nuevas aplicaciones tecnológicas y de innovación, la evolución de las preferencias de los ciudadanos o el entorno jurídico y regulatorio.

En el siguiente artículo, **Jorge Fernández Gómez** revisa la situación de la movilidad urbana compartida (colaborativa). Afirma que los nuevos modelos de movilidad deben utilizar la mejor tecnología (energética, de conectividad o de comunicaciones, entre otras), internalizar las externalidades (mediante regulación y señales de precios), integrar el uso del suelo en la planificación urbana y difundir la información a la ciudadanía para que sea parte activa en el proceso. En el análisis de la movilidad se pone el acento en «cómo» es, «qué» dimensiones abarca, y «dónde» y «por qué» se desarrolla. A partir de esta estructura, los modelos de negocio se clasifican en tres categorías: aquellos basados en la movilidad como servicio (*mobility as a service, MaaS*); los servicios relacionados con la gestión de las TIC; y los modelos centrados en otros aspectos de la cadena de valor de la movilidad (por ejemplo, los servicios de aparcamiento). En cuanto a los efectos de la pandemia, se apunta que todavía deben desaparecer los temores asociados a cuestiones sanitarias para observar incrementos en el transporte público. No obstante, donde ya está aumentando la demanda es el *carsharing, bikesharing o motosharing*.

LAS AUTORIDADES DEBEN DIFUNDIR LAS VENTAJAS DE LA MOVILIDAD SOSTENIBLE A LA CIUDADANÍA PARA QUE SEA PARTÍCIPE DEL SU DESARROLLO

El tercer artículo de este bloque lo firman **Anna Matas Prat** y **Jordi Perdiguero García**. Estos autores analizan las posibilidades de financiación del transporte público, bajo la premisa de que es más eficiente y contribuye, en mayor medida que el privado, al desarrollo sostenible de las zonas urbanas. Aun así, se señalan retos que están surgiendo en los últimos años. El primer reto sobre el transporte público lo ha impuesto el COVID-19, por el reparo de muchos a utilizarlo. El segundo es algo inesperado porque la micromovilidad activa está acaparando usuarios del transporte público, aunque cuando las zonas metropolitanas son muy extensas esta sustitución es baja. El tercero se lleva tratando desde hace años, pero persiste. Se trata de la dificultad del uso del transporte público por parte de la población más mayor y el fenómeno del envejecimiento es imparable. Por lo tanto, además de buscar las mejores opciones de financiación, será preciso actuar para que el transporte público de las ciudades españolas recupere su protagonismo.

**LA INFORMACIÓN
BIG DATA ES CRUCIAL
PARA LA GESTIÓN
EFICIENTE DE
LOS SISTEMAS
DE MOVILIDAD**

La rápida digitalización de la sociedad ha permitido una nueva generación de fuentes de información *big data* útiles para el estudio de la movilidad. El artículo de **Javier Burrieza-Galán** realiza un repaso por estas oportunidades que son cruciales para la gestión eficiente de los sistemas de movilidad. El conocimiento más profundo de los patrones de demanda de transporte mejorará la asignación de los recursos y el diseño de las actuaciones que armonicen las necesidades de desplazamiento con los objetivos de sostenibilidad ambiental, social y económica. En el artículo se presentan dos bases de datos elaboradas por el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA). Por una parte, se comenta el análisis de la movilidad interprovincial realizado en 2018 a partir de datos de telefonía móvil con el objetivo de actualizar la información de las encuestas *Movilia* del año 2000 y 2006. Por otra parte, se exponen resultados de la monitorización que se realizó en marzo de 2020, a nivel estatal, para comprobar el cumplimiento de las medidas de restricción impuestas con el confinamiento. Sin duda, esta disponibilidad de información estadística abre numerosas posibilidades de análisis sobre la movilidad en España.

El estudio de la movilidad se completa con el artículo de **Gerard Llobet**, que reflexiona sobre cómo se debe regular el uso del coche privado en las ciudades. En la actualidad, el vehículo privado debe integrarse en un ecosistema urbano caracterizado (como se expone en los artículos anteriores) por nuevos modelos de negocio de movi-

lidad, preferencias de los consumidores cambiantes y compromisos con el medio ambiente más exigentes. Todos estos vectores deben conjugarse entre sí y, simultáneamente, minimizar las externalidades negativas del transporte privado. En este sentido, al tradicional problema de congestión (ruido, siniestralidad...) se añade el efecto nocivo en la salud. Entre las medidas analizadas están la prohibición de circular (bien sea en días concretos o bien para determinados coches), la implantación de zonas de bajas emisiones o el establecimiento de peajes urbanos.

Finalmente, se incluye un bloque con dos estudios de casos en Barcelona y Madrid que pueden servir de ejemplo para otras ciudades. El primero corre a cargo de **Carme Miralles-Guasch, Oriol Roig-Costa y Oriol Marquet** y se focaliza en el estudio del uso de la bicicleta eléctrica compartida y el patinete eléctrico privado en Barcelona. El análisis abarca 651 encuestas a personas (de dieciséis o más años) usuarias de estos medios de micromovilidad. A partir de esta información presentan el perfil socioeconómico de los usuarios que son mayoritariamente hombres jóvenes, empleados y con altos niveles de educación. Sus resultados indican, además, que la bicicleta compartida y el patinete eléctrico no están captando usuarios de coche, sino más bien del transporte público o, incluso, de quienes realizaban el trayecto a pie. Todo ello es preciso tenerlo en cuenta a la hora de diseñar las estrategias de movilidad e incidir en contra de la brecha de género y también intergeneracional.

El número se cierra con el estudio realizado por **Irene Lebrusán y Jamal Toutouh**. Estos autores evalúan el caso de Madrid que, desde 2018, ha definido tres zonas de bajas emisiones (ZBE) en el centro: *Madrid central*, más tarde *Madrid 360* y, en la actualidad, Zona de Bajas Emisiones de Especial Protección (ZBEDEP *Distrito Centro*). Todas estas ZBE, aunque difieren algo en la normativa, tienen como objetivo común mejorar la calidad del aire que es el objeto de estudio en el artículo. Para ello, se compara lo ocurrido entre 2014 y 2018 frente al período 2018-2021 que ya había una ZBE. Los resultados confirman que está mejorando sustancialmente la calidad del aire. Tanto es así que algunos expertos afirman que Madrid Central ha sido el área europea que más reducía la contaminación, a pesar de ser pequeña en comparación con otras existentes en Europa (por ejemplo, en Madrid se tienen 4,7 km² frente a los 88 km² de Berlín).

**HOMBRES JÓVENES
CON TRABAJO Y
ESTUDIOS ALTOS
ES EL PERFIL DEL
USUARIO DE LA
MICROMOVILIDAD**

Una de las conclusiones fundamentales que se extrae de este número de PAPELES DE ECONOMÍA ESPAÑOLA es que la mejora en la movilidad es crucial para mantener y potenciar el crecimiento económico teniendo en cuenta, además, que incide sobre el bienestar de los individuos. Es incontestable que la movilidad se extiende a todos los ámbitos de la sociedad. Por ello, se han identificado las ventajas de los diferentes modos de transporte terrestre, así como las preferencias de los ciudadanos. Además, se ha comprobado si los cambios que se observan en el comportamiento de los individuos están en consonancia con los requerimientos de una movilidad más sostenible y respetuosa con el medio ambiente. Finalmente, en el análisis expuesto se ofrecen propuestas que proporcionan una guía para afrontar el difícil reto que supone acoplar los retos mencionados con la necesidad de una creciente de movilidad. Como muchos expertos apuntan se trata de una cuestión global en la que todos los agentes deben esforzarse por alcanzar sus objetivos.

COLABORACIONES

I.
INFRAESTRUCTURAS DE
TRANSPORTE TERRESTRE

Resumen

Este artículo ofrece una visión crítica de la política de inversión en infraestructuras de transporte en España, con especial atención a las redes viarias de alta capacidad. La ausencia total de una evaluación de rentabilidad de estas inversiones más sistemática ha llevado a un exceso de inversión generando sobrecapacidad en algunas carreteras y, especialmente, en la red ferroviaria de alta velocidad. Mientras, se ha desatendido la inversión y mejora de la competitividad en sectores estratégicos como el transporte de mercancías. En el escenario actual es urgente afrontar los problemas de financiación del sector y dotarlo de una mayor capacidad para autofinanciarse. Para ello es necesario realizar una asignación intermodal de los costes y una política de fijación de precios más eficiente.

Palabras clave: infraestructuras, análisis coste-beneficio, tarificación, pago por uso, colaboración público-privada.

Abstract

This paper offers a critical view on investment policy in the Spanish transport infrastructure. It particularly focuses on high-capacity transportation networks. The total absence of a more systematic assessment of the profitability of these investments has led to overinvestment, which has generated overcapacity on some roads and particularly on the high-speed railway network. Meanwhile, investment and the improvement of competitiveness in strategic sectors, such as freight transport, have fallen into neglect. In the current scenario, it is crucial to address the financing problems of the sector and give it greater capacity to self-finance. This requires an intermodal allocation of costs and a more efficient pricing policy.

Keywords: infrastructure, cost-benefit analysis, road user charging, public-private partnership.

JEL classification: H20, H43, H50, L92, R42, R48.

INFRAESTRUCTURAS VIARIAS: DOTACIÓN, MANTENIMIENTO Y FINANCIACIÓN

Mar GONZÁLEZ SAVIGNAT (*)

Universidad de Vigo

I. INTRODUCCIÓN

EL endeudamiento del sector público y las cifras del déficit en España hacen inviable seguir recurriendo a la financiación pública como fuente exclusiva de recursos para la inversión en infraestructuras de transporte, es necesario buscar fuentes alternativas a la estrictamente presupuestaria. La dotación de España en kilómetros de carreteras, vías de alta capacidad, trenes de alta velocidad o aeropuertos está muy por encima de la media europea y, sin embargo, el grado de utilización de estas infraestructuras está muy por debajo de su capacidad y de las ratios de países vecinos. Por otro lado, el compromiso con el medio ambiente y energías alternativas o la necesidad de una aproximación intermodal marcada por un entorno más competitivo tras los procesos de liberalización y privatizaciones llevados a cabo en el sector, obligan a ser más exigentes en las políticas de inversión y gestión que no parecen ir en paralelo a esta nueva realidad.

Cuando el *stock* en infraestructuras es bajo, los efectos económicos en términos de empleo, crecimiento o desarrollo económico asociados a nuevas inversiones pueden justificarlas. Sin embargo, el escenario actual, con una elevada dotación, presenta un contexto económico muy diferente y la política de

inversión y gestión futura de las infraestructuras deberían estar en consonancia. Lograr que las decisiones de inversión y financiación futuras consigan mejorar el bienestar social y un mayor grado de eficiencia y racionalidad que las realizadas hasta el momento presente es urgente para no comprometer recursos en proyectos que, a largo plazo, son irreversibles y condicionan la financiación del sistema de transportes.

La existencia de una relación creciente entre inversión y crecimiento económico es un resultado no confirmado de manera general en la literatura empírica; sin embargo, algunos resultados parciales respecto a esta relación han sido utilizados de forma recurrente como argumento «económico» para justificar decisiones de inversión. La inexistencia de esta relación es más evidente en países desarrollados que no presentan déficits globales de dotación en infraestructuras, como es el caso de España.

En este artículo se describe, en primer lugar, cómo se ha llegado al escenario actual de dotación de infraestructuras con las inversiones realizadas y se realiza una comparativa a nivel internacional. Una buena parte de las inversiones en infraestructuras no han sido acertadas y están comprometiendo la financiación del modelo de movilidad. En la segunda parte se expone hacia dónde debería orientarse

la nueva política de inversión y financiación, especialmente en el transporte por carretera, pero también en inversión ferroviaria ya que la aproximación unimodal resulta en ocasiones limitada para aproximarse a la realidad presente y para establecer recomendaciones futuras al tratarse de redes de transporte conectadas en uso y recursos. De los datos y la evidencia existente se derivará como prioridad la necesidad de «menos inversión nueva y más gestión de la existente».

El problema principal está en la descapitalización que las redes viarias están sufriendo en los últimos años debido a un deficiente mantenimiento de las mismas por falta de recursos, revelando la escasa capacidad de recurrir al gasto público como vía de financiación. En este marco, es necesario encontrar un modelo de autofinanciación sostenible para las carreteras. En este documento se proponen algunos cambios en el modelo de concesión o la implantación del «pago por uso» en las redes viarias como mecanismos más eficientes, modelo ya aplicado en muchos países de la Unión Europea (UE) y que está en el centro del debate como modelo de financiación viable gracias, además, a una tecnología madura para su aplicación.

Se describe también la ausencia total de evaluación de las inversiones realizadas, a las que se han derivado recursos sin un criterio económico de rentabilidad que apoye estas decisiones de inversión. Los países de nuestro entorno ofrecen una gran lección al respecto y a la que conviene acercarse lo antes posible.

También se analiza el modelo concesional de las autopistas de peaje que presenta serias li-

mitaciones respecto al reparto del riesgo entre la empresa y la administración, derivando en un sesgo hacia una participación demasiado optimista del sector privado debido a una inadecuada definición de la responsabilidad patrimonial de la Administración.

España recibirá casi 70.000 millones de euros del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia que suponen el 21 por 100 del total, situándose como el principal receptor de los fondos europeos. Este escenario se presenta como una oportunidad, pero también como un gran reto para que las decisiones de inversión que se adopten eviten los errores recientes.

II. ANTECEDENTES Y SITUACIÓN ACTUAL

La inversión en infraestructuras de transporte ha sido una prioridad en la política de transportes en España, su relación con el valor añadido bruto supone más de un 40 por 100 superior a la inversión realizada en Francia, el doble que la de Alemania y un 60 por 100 mayor que la de Italia.

Este esfuerzo inversor ha llevado a que España sea el país europeo con más kilómetros de vías de alta capacidad y con más kilómetros de alta velocidad ferroviaria a nivel mundial (solo superada por China). Grandes y ambiciosas infraestructuras como seña de identidad, buena prensa y ausencia de una visión crítica desde el punto de vista político en décadas y con una responsabilidad compartida también con los medios de comunicación que no han trasladado adecuadamente a los ciudadanos una realidad bien conocida, contribuyendo en exceso a la aceptación social de las políticas

de inversión en infraestructuras realizadas. Y surgen preguntas determinantes que desde el ámbito académico llevan décadas, respondiendo: ¿son necesarias tantas infraestructuras de alta capacidad?, ¿cómo se financian?, ¿se están comprometiendo recursos de generaciones futuras?, ¿aumentan el bienestar estas inversiones?, ¿son complementarias en el contexto intermodal? Responder a estas cuestiones es imprescindible para entender el punto de partida actual y tratar de evitar los mismos errores.

En la distribución modal de viajeros y mercancías entre modos (OTLE, 2019) la carretera presenta una posición dominante en la cuota de mercado. Atendiendo al transporte de viajeros, el 83 por 100 de los pasajeros-km se realizan por carretera (80 por 100 en UE-27), frente al 6 por 100 que se realizan en ferrocarril (9 por 100 en UE-27). En el transporte de mercancías, el 91 por 100 de las toneladas-km se transportan por carretera (72 por 100 en UE-27) frente a un 5 por 100 en ferrocarril (18 por 100 en UE-27).

La inversión en infraestructuras no ha sido homogénea entre los distintos modos. La carretera había sido tradicionalmente la principal destinataria de los recursos públicos; sin embargo, a partir del 2007 la tendencia cambia y, por primera vez en varias décadas, el ferrocarril acapara el volumen de inversión pública más elevado de todos los modos de transporte, superando incluso a la inversión en carreteras. Este cambio podría revelar la necesidad de adecuarse a las líneas de actuación de la política europea de transportes que fomentaban un reparto modal más equilibrado entre carretera y ferrocarril, sobre todo en mercancías. Sin

embargo, atendiendo a las inversiones realizadas, la estrategia seguida en España no parece haber sido la más adecuada, pues la inversión ferroviaria se ha concentrado en nuevas líneas de alta velocidad, descuidando el transporte de mercancías. Esto explica la situación actual del transporte de mercancías, que ha sufrido una liberalización del mercado muy mejorable, con una pérdida de competitividad debido a una política de inversión que ha priorizado la alta velocidad frente a las mercancías. Si el objetivo era obtener cierto trasvase modal de mercancías de la carretera al ferrocarril y mejorar su competitividad en el transporte internacional, invertir en alta velocidad no parece haber sido la elección más adecuada.

Otro de los elementos cruciales para valorar la política de inversión en infraestructuras de transporte es analizar no solo la oferta, sino también el grado de utilización de la misma. El cuadro n.º 1 resume estos indicadores.

Se comprueba que en España se ha dirigido el esfuerzo inversor a infraestructuras de altas prestaciones y capacidad; la red de carreteras de alta capacidad y la

red ferroviaria de alta velocidad son ambas las más extensas de la UE. La ratio de densidad (que describe los kilómetros de red en relación con la superficie y población) sitúa a España en un nivel de dotación significativamente superior al resto. Sin embargo, esta dotación parece ser muy superior a los requerimientos de la demanda existente. Las cifras de tráfico y kilómetros de red muestran la existencia de un desajuste entre oferta y demanda. Por un lado, desde el punto de vista de la oferta, España presenta la dotación de la red más extensa y densa pero, por otro, la densidad de tráfico es la más baja de la UE en términos de pasajeros-kilómetro.

Cifras de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), Eurostat o Comisión Europea para varios años respecto al grado de utilización de la red ferroviaria de alta velocidad muestran que Francia presenta una densidad de pasajeros por kilómetro 5,5 veces superior a España, Alemania 5,4 veces mayor e Italia 3 veces superior. Según el informe de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC, 2019) la red de alta velocidad presenta tramos con un 75 por 100 de la

capacidad sin explotar y un tercio de los trenes sin ocupar, con 6,2 millones de pasajeros por kilómetro construido frente a los más de 20 de Francia y el Reino Unido, los 14 de Italia y los 18 de Alemania.

Respecto a la red viaria de alta capacidad, existen tramos con una intensidad media diaria (IMD) inferior a 5.000 vehículos y 8 tramos de autovías con IMD inferior a 9.000 vehículos todos ellos menores a los 10.000 vehículos requeridos, en media, para justificar estas inversiones.

En conclusión, un elevado stock de infraestructuras infrautilizado, especialmente en tren de alta velocidad en el que ningún corredor de la red nacional de alta velocidad es rentable desde el punto de vista socioeconómico. La siguiente sección trata de explicar cómo se ha llegado a esta situación.

III. TENDENCIAS NECESARIAS HACIA UN CAMBIO DE MODELO: DE LA INVERSIÓN A LA EVALUACIÓN

La utilización de la relación positiva entre inversión en infraestructuras y crecimiento económico y la convergencia regional han sido argumentos recurrentes para justificar inversiones en infraestructuras con un optimismo incuestionable acerca de su contribución al crecimiento económico, al PIB, a la cohesión territorial, creación de empleo y productividad. Sin embargo, los instrumentos y modelos económicos de tipo agregado para apoyar estos resultados ya no son suficientes (ni ciertos) en el momento actual, ya que no tienen en cuenta el coste de oportunidad de los fondos públicos

CUADRO N.º 1

INFRAESTRUCTURAS DE CARRETERAS Y FERROCARRIL. INDICADORES DE DOTACIÓN

	CARRETERAS ALTA CAPACIDAD		FERROCARRIL ALTA VELOCIDAD		INTENSIDAD 1.000*Pas-km/ km
	KM RED	DENSIDAD	KM RED	DENSIDAD	
Alemania	12.996	0,2	1.336	0,06	24,4
Francia	11.612	0,4	2.036	0,01	25,1
Italia	6.943	0,3	900	0,05	13,9
España	17.108	0,6	2.852	0,11	4,5

Fuentes: Elaboración propia a partir de OCDE, Eurostat, European Commission (varios años), Kearney (2018), Albalade y Bel (2015).

invertidos. La evidencia empírica (De la Fuente, 2009) demuestra que los rendimientos de inversiones adicionales sobre la productividad son decrecientes a partir de un determinado nivel de dotación. Por tanto, este tipo de aproximación agregada presenta muchas limitaciones para dirigir la política de inversión pública en materia de infraestructuras de transporte en los próximos años, mantener este enfoque ya no es sostenible y llevará a seguir cometiendo errores.

Por otro lado, utilizar la inversión pública en infraestructuras como mecanismo de redistribución puede tener un coste de oportunidad elevado en términos de crecimiento agregado, ya que la rentabilidad de la inversión tiende a ser más baja en regiones de menor renta. La distribución territorial de la inversión pública en las últimas décadas continúa siendo muy mejorable atendiendo a criterios de eficiencia ya que ha sido excesivamente redistributiva (De la Fuente, 2009). En la misma línea y aplicado al contexto aeroportuario y de carreteras, Albaladejo, Bel y Fageda (2015) sostienen que estamos en una fase de rendimiento marginal muy decreciente de la inversión.

Así pues, para obtener ganancias de bienestar derivadas de un modelo de transporte con alto nivel de dotación de *stock*, sobrecapacidad y problemas de financiación son necesarias importantes reformas en la gestión de infraestructuras, mucho más que en la acumulación cuantitativa de nuevas inversiones. En un contexto de restricción presupuestaria es necesario imponer otros criterios que no permitan justificar políticamente decisiones poco sostenibles desde un punto

de vista socioeconómico, ya que las infraestructuras son condición necesaria pero no suficiente para el crecimiento económico.

El trabajo de DeRus e Inglada (1993), hace ya casi treinta años, es uno de los primeros artículos publicados en España sobre evaluaciones de inversión en tren de alta velocidad (trayecto Madrid-Sevilla) y obtiene un resultado negativo confirmando que el proyecto no debería haberse realizado. Desde entonces, se han publicado una gran cantidad de trabajos, estudios o artículos (fundamentalmente en el ámbito académico) en los que se realizan análisis coste-beneficio o de rentabilidad socioeconómica de esta infraestructura y prácticamente ninguno de ellos arroja un resultado positivo. Recientemente, la Autoridad Independiente de Responsabilidad Fiscal (AIREF, 2020) realiza un estudio de evaluación del gasto público en la alta velocidad ferroviaria en España, con análisis coste-beneficio realizados para los trayectos existentes y arroja rentabilidades negativas en todos ellos, es decir, los beneficios socioeconómicos evaluados no compensan los costes incurridos. La evidencia empírica y los datos existentes muestran un exceso de capacidad, inversiones muy costosas con una demanda muy inferior a la esperada y con algunos tramos funcionando al 75 por 100 de su capacidad. Algo funciona mal en nuestro entorno si desde hace treinta años esta evidencia está disponible y se sigue invirtiendo en alta velocidad. Como curiosidad, en este estudio se detalla el proceso de toma de decisión de la inversión en el trayecto Madrid-Valencia, y se expone que por acuerdo entre el ministro de Fomento y los presidentes de las comunidades autónomas

en el año 2001, se decide seleccionar la opción que mayor inversión requiere, la de menor funcionalidad ferroviaria y la que mayores impactos ambientales genera. Es, sin embargo, la mejor valorada en los criterios territoriales por pasar por Cuenca. Además, los costes reales superaron en un 30 por 100 a los ejecutados. En general, se demuestra en todos los trayectos, una sobreestimación de la demanda y una infravaloración de los costes *ex ante* frente a los reales.

El cambio de modelo en política de inversión en infraestructuras parece urgente. Un mayor grado de racionalidad en futuras inversiones que garantice una asignación de recursos más eficiente que la realizada en décadas pasadas solo es viable desde una aproximación microeconómica, es decir, evaluar caso a caso, proyecto a proyecto, inversión a inversión. Si el nivel de dotación en infraestructuras actual es suficiente como para no ser un obstáculo en el crecimiento económico, será necesario evaluar bajo criterios de rentabilidad cada proyecto o inversión con el fin de invertir recursos públicos únicamente en proyectos rentables desde un punto de vista socioeconómico. En este contexto, el análisis coste-beneficio es imprescindible para evitar errores pasados como invertir en infraestructuras sin demanda o llevar a cabo proyectos ruinosos (elefantes blancos).

Si bien en última instancia deben ser decisiones adoptadas en el ámbito político e institucional, un elevado porcentaje de los recursos públicos invertidos en infraestructuras de transporte han sido comprometidos bajo criterios poco defendibles desde el punto de vista de la eficiencia económica y más dependientes

de objetivos de corto plazo basados en su rentabilidad política. El problema principal ha sido y será, si no se mejoran los instrumentos institucionales, la ausencia de la evaluación rigurosa y sistemática de los proyectos de inversión en infraestructuras. Para ello, sería muy útil observar la larga tradición evaluadora del Reino Unido (*Transport Appraisal Guidance-TAG, Green Book, 2021*) con más de cincuenta años a sus espaldas y con constantes actualizaciones y publicaciones de guías y manuales, considerado referente internacional, ya que entiende la evaluación como una ayuda imprescindible para guiar las decisiones de inversión. También países como Estados Unidos, Alemania, Holanda, Suecia o Australia ofrecen una metodología completa para la evaluación de distintos tipos de proyectos. En muchos casos, esta práctica en estos países está muy ligada a evaluaciones o contribuciones académicas y colaboraciones con investigadores especializados que sustentan la base de una evaluación independiente y sin sesgos políticos. La investigación académica y una mayor transferencia de la misma como apoyo al proceso de toma de decisiones políticas es algo común en estos países y muy poco frecuente en el nuestro. Cuando los resultados no interesan desde un punto de vista político, no se divulgan de forma adecuada, no impacta en la sociedad y no se desarrolla el espíritu crítico necesario.

Por tanto, el objetivo debe ser el de imponer un mayor grado de racionalidad sobre el destino de fondos públicos ya que el coste de oportunidad de equivocarse es muy elevado para generaciones futuras como ya se percibe en el momento actual.

IV. FINANCIACIÓN DE LAS INFRAESTRUCTURAS VIARIAS

El contexto de restricción presupuestaria de la economía española en el momento presente y los problemas de financiación que presentan las infraestructuras, derivados del modelo de inversión seguido en las últimas décadas, obliga a replantear una política económica sostenible para el futuro. La elevada dotación en vías de alta capacidad lleva consigo una demanda importante de fondos públicos para su adecuada conservación, pero la realidad es que existen problemas graves de financiación, que derivan en un deficitario mantenimiento de la red existente con la consiguiente descapitalización del *stock* de infraestructuras.

Se estima que la red viaria en España tiene un valor patrimonial de 185.000 millones de euros. El Banco Mundial establece que se deben destinar un 2 por 100 anual del valor patrimonial de la red a su conservación para mantener su valor, lo que supone

3.700 millones de euros anuales a mantenimiento de carreteras en España. Sin embargo, los recursos públicos que se están destinando en la actualidad son muy inferiores, con una reducción drástica año a año que se arrastra desde el 2008. El gráfico 1 presenta la evolución del gasto en conservación de carreteras en el período 2011-2019. En esta última década el descenso del gasto ha sido muy significativo, siendo el 2018 el año en el que se registró la menor inversión.

El año 2019 tuvo una tendencia positiva, pero insuficiente para revertir el deterioro alcanzado en años previos. Por tanto, si no se revierte esta situación, la descapitalización de las redes viarias será irreversible ya que para que el *stock* de capital no decrezca es necesario que la inversión cubra al menos la depreciación de los activos. En términos globales, estas inversiones deberían situarse en torno al 0,5 por 100 del PIB para garantizar, como mínimo, el mantenimiento adecuado del *stock* existente.

GRÁFICO 1
EVOLUCIÓN DEL GASTO EN MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, 2011-2019



Fuente: Ministerio de Fomento (2019).

CUADRO N.º 2

**INVERSIÓN MEDIA ANUAL EN
MANTENIMIENTO DE CARRETERAS
(EUR/KM)**

	TOTAL CARRETERAS*	VÍAS DE ALTA CAPACIDAD
España	22.489	60.000
Reino Unido	108.141	123.000
Alemania	49.229	93.000
Francia	45.318	126.000
Italia	41.537	n/d

Nota: *Autovías y carreteras convencionales. Se excluyen redes viarias concesionales.
Fuente: AEC (2019).

En la comparativa con países de nuestro entorno, la inversión media anual en mantenimiento de carreteras y autovías en España está en última posición, situándose entre un 35 por 100 y un 50 por 100 inferior respecto a países como Reino Unido y Alemania, tal como muestra el cuadro n.º 2.

Los costes de la conservación del pavimento están relacionados, fundamentalmente, con el volumen de tráfico pesado, pero también se ve afectado por las condiciones climáticas tales como nieve, temperaturas extremas o grandes oscilaciones de las mismas a lo largo del año. En este sentido, el clima más cálido en España podría justificar menores inversiones en conservación; aun así, dado que la red viaria de alta capacidad en España es muy superior a la de los otros países, el déficit de mantenimiento existente hace necesario una cantidad de recursos públicos muy elevada. La Asociación Española de la Carretera (AEC, 2019) estima que en este momento son necesarios 8.000 millones de euros para resolver este déficit acumulado, el cual corresponde en un 32 por 100 a la red estatal y el resto a las autonómicas, una cifra muy

CUADRO N.º 3

PORCENTAJE DE LA RED DE GRAN CAPACIDAD CON PEAJE

CC.AA.	VÍAS CON PEAJE (%)	PAÍS	VÍAS CON PEAJE VEHÍCULOS PESADOS (%)
La Rioja	64	España	18
País Vasco	41	Francia	79
Cataluña	39	Italia	86
Navarra	36	Irlanda	38
Galicia	27	Resto (23 países)	100
Valencia	26		
Aragón	19		
Murcia	17		
Madrid	16		
Castilla-La Mancha	12		
Castilla y León	11		
Andalucía	9		
Asturias	5		

Fuentes: OTLE (2019), Eurostat, European Commission (2016).

importante que precisa de un plan de inversión prolongado, ya que atrasar la conservación de la red viaria supone mayores niveles de inversiones futuras que las que serían necesarias si se realiza de manera estable y continuada.

La situación de una red muy extensa en kilómetros y con un nivel de depreciación elevado muestra la necesidad de obtener recursos adicionales para revertir esta tendencia. El modelo actual, mixto y heterogéneo introduce disparidades regionales y no parece ser el modelo más adecuado para gestionar y financiar las carreteras. Por un lado, está la red de autovías gratuitas y, por otro, vías de peaje que gestionan concesionarias privadas.

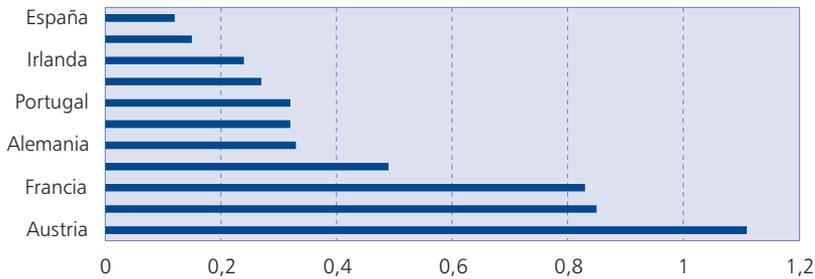
El cuadro n.º 3 muestra el porcentaje de las vías de alta capacidad por comunidades autónomas y en otros países de la UE que están sujetas a peaje.

Con cifras de 26 países de la UE es posible comprobar que el

peaje por la utilización de vías de gran capacidad, al menos para vehículos pesados, está mucho más extendido que en nuestro territorio en el que tan solo el 18 por 100 de los kilómetros están sometidos a tarificación directa. Le sigue Francia, a gran distancia, con el 79 por 100 de sus vías de alta capacidad con peaje, e Italia con el 86 por 100. En el resto de los países la red está tarificada al 100 por 100. Por tanto, se puede confirmar que España es el país de la UE con menos vías de alta capacidad con peaje siendo, a su vez, el país con una red más extensa. Además de estar más generalizado el pago por uso en países de la UE como vía para financiar las infraestructuras, se implanta de forma homogénea en toda la red, sin diferencias geográficas como en el caso de España.

El gráfico 2 muestra los ingresos de pago por uso por kilómetro en vías de alta capacidad en Europa.

GRÁFICO 2
INGRESOS DE PAGO POR USO POR KILÓMETRO EN VÍAS DE ALTA CAPACIDAD



Fuente: Kearney (2018).

La utilización de vías de alta capacidad en España es la que presenta la menor contribución a los ingresos por parte del usuario. La media de ingresos por kilómetro en España está un 76 por 100 por debajo de la media europea y esto se debe a que es el país con más kilómetros de vías de alta capacidad (autopistas) que no están sujetas a tarificación por parte del usuario.

El contexto expuesto muestra que la financiación de las vías de alta capacidad en España no es sostenible bajo el modelo actual; el país con más kilómetros de red, pero el que menos ingresos obtiene de la UE por estos kilómetros y el que presenta el deterioro de la red más importante por un déficit de mantenimiento acumulado. Si a esto añadimos que en los próximos años irán venciendo los contratos de concesión de algunas autopistas, la sostenibilidad financiera del sector, ya muy deteriorada, será imposible de alcanzar.

El modelo actual de financiación de las infraestructuras en carreteras ha ido «a saltos», invirtiendo en obra nueva no siempre justificada en épocas de

ciclo positivo y retrayendo gasto público en épocas de recesión en las que ni siquiera se ha dotado al sistema de los recursos necesarios para el mantenimiento mínimo de las infraestructuras viarias.

Por otro lado, el modelo concesional actual ha evidenciado carencias importantes relacionadas con la renegociación de plazos y precios, y la necesidad del recurso asiduo a la ayuda pública, incluido el rescate de la infraestructura. Esto, unido a la coexistencia de vías de alta capacidad gratuitas y de pago a lo largo del territorio nacional, plantea la necesidad de medidas y reformas urgentes.

V. REFORMA DEL SISTEMA CONCESIONAL Y TARIFICACIÓN EN VÍAS DE ALTA CAPACIDAD

La colaboración público-privada (CPP) en el modelo concesional de autopistas tiene como objetivo la asignación eficiente de los recursos públicos tratando de comprometer inversiones bajo criterios de rentabilidad financiera. Una de las garantías de aplicar este instrumento debería ser que prevalezcan las inversio-

nes necesarias. Sin embargo, tras varias décadas de experiencia hemos asistido a la construcción de vías de alta capacidad bajo CPP que han acabado en quiebra y rescate por parte de la Administración (un ejemplo reciente es lo ocurrido con las radiales de Madrid). Analizar cuáles han sido los principales motivos de ello ofrece lecciones para evitar más errores en el futuro.

El modelo de peaje actual dentro del sistema concesional de autopistas es un modelo de «pago por disponibilidad», en el que los ingresos del concesionario están relacionados con la recuperación de los costes de construcción, pero también con la calidad del mantenimiento y seguridad de la infraestructura y servicios asociados. Este modelo resulta limitado en las condiciones actuales ya que, unido al requerimiento legal existente de vías alternativas gratuitas para el establecimiento de un peaje, introduce muchos inconvenientes para la implantación de un sistema más justo, más eficiente, más transparente y, sobre todo, más homogéneo entre usuarios de distintas áreas geográficas. Por otro lado, la práctica habitual ha sido que la empresa concesionaria realice tanto la construcción como el mantenimiento de la infraestructura. Si no hay economías de escala derivados de ofrecer ambos servicios conjuntamente, una desintegración vertical podría incorporar mayor transparencia a las distintas fases de ejecución del proyecto y sería más eficiente, ya que se introduce un mayor grado de competencia en el acceso a la prestación del servicio.

Otro de los aspectos cruciales del modelo concesional es el reparto adecuado del riesgo

entre Administración y concesionaria. La demanda de viajes genera riesgos exógenos a la concesionaria que dependen del ciclo económico y, aunque puede parecer razonable que esta parte del riesgo lo asuma la Administración, compensar al concesionario por este riesgo no es eficiente desde el punto de vista de incentivos debido a que el sistema actual puede acabar premiando a empresas «optimistas» en la estimación de flujo de tráfico esperado frente a las más eficientes. Este ha sido el gran problema de la sobreinversión e infrautilización de las infraestructuras viarias de alta capacidad, una sobreestimación estratégica de la demanda. Albalade, Bel, Bel-Piñana (2015) obtienen, para diversos tramos de autopistas de España, desviaciones del tráfico estimado frente al real de entre el 23 por 100 y el 82 por 100 en el primer año. Baeza y Vasallo (2011) analizan 15 autopistas en España y muestran una sobreestimación de la demanda en todas ellas, llegando a ser en algún caso un 83 por 100 más alta la predicción realizada que el tráfico real. En resumen, las predicciones se incumplen de forma sistemática. Una empresa muy «optimista» en la estimación del tráfico futuro necesitará renegociar la concesión o ser rescatada ya que su tráfico real será mucho menor al estimado. Por ello, el sistema actual presenta incentivos inadecuados. Con predicciones más realistas, la demanda es mucho menor en gran parte de los casos y, por tanto, muchas de esas inversiones no deberían haberse llevado a cabo. La participación público-privada debería introducir un mayor grado de racionalidad en este tipo de contratos de concesión; sin embargo, uno de los motivos por lo que esto no ha sucedido

es el abuso en estos contratos de la responsabilidad patrimonial de la Administración (RPA). Si en última instancia esta se ejecuta, las empresas privadas que participan en las CPP tendrán mayores incentivos a participar en concesiones que bajo criterios exclusivamente privados no harían. En muchas ocasiones, esta RPA no ha estado bien definida en los contratos de concesión y ha llevado, en situaciones de quiebra, a largos y costosos procedimientos judiciales entre la concesionaria y el Estado que ha acabado con compensaciones millonarias a la empresa privada y con el rescate de la infraestructura. Por tanto, la sobreestimación de la demanda esperada unido a la RPA incorrectamente definida ha provocado un sesgo hacia la participación de la empresa privada en estos proyectos con CPP. Por tanto, la clave es diseñar contratos con los incentivos adecuados para limitar la garantía del Estado en la transferencia del riesgo además de realizar evaluaciones sistemáticas de la rentabilidad de la inversión que incorpore estimaciones de tráfico y costes rigurosas. Dado que la realidad no ha sido esta y los sesgos y sobrecostes han sido más habituales de lo que hubiera sido deseable, el resultado presente es infraestructuras con problemas de sobrecapacidad insostenibles económicamente en contextos de restricción presupuestaria.

Por tanto, una de las lecciones que se derivan de esta experiencia es que los contratos de CPP tienen muchas ventajas si el reparto del riesgo entre empresa y Administración está bien definido de manera que, en el diseño del contrato, el riesgo no sea finalmente asumido siempre por la Administración y, por tanto,

por el contribuyente. Limitar la RPA es determinante para evitar que la empresa privada participe en CPP de proyectos que no son necesarios, generando incentivos a unas estimaciones de la demanda más realistas y evitando así seguir contribuyendo a la sobrecapacidad existente. La teoría del diseño de contratos principal-agente tiene mucho que aportar en la definición de la CPP ya que la probabilidad de anticipar la renegociación está directamente relacionada con los incentivos para minimizar costes o evaluar de forma adecuada los beneficios (demanda). La práctica de privatizar los beneficios y socializar las pérdidas no es la mejor ya que, ni las empresas, ni el Estado, el que acaba pagando la factura de la mala gestión y de decisiones políticas muy dudosas es el contribuyente.

Con el fin de mejorar los modelos de concesión como instrumento de CPP, un sistema alternativo al modelo más utilizado de plazo fijo es el mínimo valor presente de los ingresos futuros (MVPI) que incorpora un plazo variable con el que la concesión se termina únicamente cuando los ingresos alcancen el MVPI. Si la demanda no es la esperada, se alarga el período de duración del contrato de concesión. Este es un modelo más eficiente, ya que reduce la necesidad de renegociaciones y determina el valor justo en caso de rescate.

Además, en el modelo de concesión actual están muy difusos los procesos de renegociación y las condiciones de las mismas. Por ello, parece imprescindible dotar al sistema de una agencia evaluadora y reguladora independiente que aumente la transparencia y visibilidad del sistema y evite los largos procedimientos

legales y judiciales que puede llevar consigo. Esta agencia debería ser técnica e independiente de las comunidades autónomas, las empresas y el poder político; al tiempo que debería informar sobre la evaluación de los proyectos y los sistemas de tarificación. Esta sería la forma de promover incentivos adecuados que no distorsionaran la elección entre modos de transporte por parte de los usuarios.

VI. TARIFICACIÓN EN VÍAS DE ALTA CAPACIDAD

Las infraestructuras viarias no son gratuitas, al igual que no lo son el ferrocarril o el transporte aéreo, por ejemplo, pero por los que sí pagamos al utilizarlos. La financiación de las carreteras convencionales o de alta capacidad se ha realizado con recursos públicos directamente (derivados de impuestos) o a través de peajes.

La elevada dotación en redes viarias de alta capacidad en España la convierte en la más extensa de la UE. Los recursos existentes destinados al sector no deben ir destinados en un futuro a aumentar la capacidad con nuevas inversiones, sino mayoritariamente al mantenimiento y conservación de la red existente. El déficit público sitúa a España en condiciones de restricción presupuestaria extrema y hace necesario un modelo sostenible que permita la autofinanciación de las vías de gran capacidad para cubrir los costes de mantenimiento. En este contexto, la introducción de algún mecanismo de «pago por uso» será la tendencia necesaria, ya que de lo expuesto previamente se deriva que las vías de alta capacidad en España son las que menos ingresos generan por kilómetro

y las que presentan mayores deficiencias en su conservación de toda la red viaria.

Los distintos modelos de tarificación ofrecen resultados distintos en términos de eficiencia y el método implantado generará ganancias potenciales de bienestar que conviene evaluar. La Comisión Europea está estudiando la implantación y generalización de algún instrumento de pago por uso de las carreteras y advierte a España de la necesidad de su implantación debido al deterioro y bajo mantenimiento de la red que está provocando una descapitalización de la misma, unido al aumento del riesgo en la seguridad vial que ello supone. Además, sería un punto de partida necesario para introducir un modelo de tarificación homogéneo en todo el territorio y acabar así con la desigualdad regional derivada de la coexistencia de autovías gratuitas y autopistas de peaje, modelos que han dependido más del momento del tiempo en el que se construía la infraestructura y del ciclo político.

Un tipo de pago por uso de las carreteras es la *euroviñeta*, un impuesto que se establece en algunos países para el transporte de mercancías como un pago fijo que supone un permiso para circular por un período de tiempo determinado. Este tipo de «peaje» se aplica en Europa central donde se tarifica por tiempo de uso. El pago por distancia se aplica en países como Francia, Italia, Portugal o Grecia.

El pago por la utilización de las vías de alta capacidad genera una fuente de ingresos que permiten financiar las vías con un modelo menos dependiente de los recursos públicos. La ten-

dencia hacia este tipo de modelo será necesaria en España. Sin embargo, con las nuevas tecnologías disponibles, este instrumento parece poco adecuado para su aplicación de forma generalizada ya que consiste en un pago fijo relacionado con el uso temporal de las vías de alta capacidad de un país y no está relacionado con la intensidad de uso de estas vías, por ejemplo, con los kilómetros recorridos. Es, por tanto, más parecido a un permiso de circulación que da derecho de uso temporal y sin relación con la distancia recorrida. Al no estar relacionado con el grado de utilización de las vías no es eficiente ni permite la flexibilidad adecuada para utilizar este instrumento como nuevo modelo de tarificación.

El «pago por uso» aparece como el mecanismo más justo desde el punto de vista del bienestar social para financiar la construcción y mantenimiento de las vías de alta capacidad. Pero para ello sería deseable que el sistema de tarificación fuera homogéneo en todas las vías de alta capacidad, desapareciendo así las diferencias geográficas y tratando de forma homogénea a las autovías y autopistas que van finalizando su período concesional.

El precio o peaje debería estar relacionados con la distancia recorrida (kilómetros), el tipo de vehículo, por el daño ocasionado a la carretera (más altos para vehículos pesados) y, además, las tarifas podrían ser flexibles o variables si se asocian a los costes externos de los viajes realizados tales como la congestión o la contaminación acústica y atmosférica. Por todo esto, se convierten en un instrumento eficiente que puede ser utilizado tanto para financiar la conservación de las vías como

CUADRO N.º 4

PEAJE EN VÍAS DE ALTA CAPACIDAD. VARIABLES

PAGO CONCESIONARIA	TARIFA «TÉCNICA»	Costes de construcción Costes de mantenimiento Costes operativos/explotación
PAGO POR USO (Administración Pública o Fondo de Carreteras)	PAGO POR USO	Por distancia (km) Por tipo de vehículo (ligero/pesado)
	TARIFA POR COSTE SOCIAL	Contaminación/emisiones Congestión (flexible punta/valle) Período (día/noche)

mecanismo de gestión de demanda e incentivos. El cuadro n.º 4 presenta un resumen de algunas variables que deberían afectar al sistema de tarificación.

Se propone una clara separación en la política tarifaria en la red entre el pago a la concesionaria (si la hay) y el «pago por uso» que debe ser variable en función del tipo de vehículo, distancia recorrida o los costes externos. Con este mecanismo de fijación de precios, el modelo ganará en transparencia y podrá utilizarse como instrumento para una movilidad más sostenible en materia medioambiental.

Betancor, Ortuño y Vasallo (2017) realizan una evaluación de los ingresos y costes de los modos de transporte en España con estimaciones acerca de la tasa de cobertura de costes de infraestructura (capital, operación y mantenimiento) y de costes totales (infraestructura y costes externos). Entre los costes externos incluyen costes relacionados con accidentes y costes medioambientales tales como contaminación, ruido, etcétera. La carretera es el modo que presenta una tasa de cobertura mayor, es decir, es el único

modo de transporte para el que los ingresos que genera cubren con creces los costes de infraestructura. Sin embargo, cuando se añaden los efectos externos que provocan los viajes de la red viaria, en el balance relativo es el más perjudicado de todos los modos, descendiendo a una cobertura de ingresos/costes totales entre el 49 por 100 (escenario costes medioambientales bajo) y el 76 por 100 (escenario costes medioambientales alto) debido a la importancia de estos efectos en la cuenta del coste total de la carretera.

Baeza y Vasallo (2011) estiman un modelo de pago por uso para las vías de alta capacidad, incorporando coste social medioambiental, y derivan valores como 0,031 euros/vehículo-km para vehículos ligeros y de entre 0,07 o 0,09 euros/vehículo-km para vehículos pesados. Si se comparan estas cifras de costes con el peaje medio pagado en las autopistas en España, mencionado anteriormente, el precio estimado o propuesto por kilómetro es muy inferior, incluso incorporando efectos externos.

Existen estimaciones algo superiores descritas en AEC (2019)

derivadas de propuestas más relacionadas con empresas concesionarias que van desde 0,02-0,12 euros/km y 0,07-0,23 euros/km para vehículos ligeros y pesados respectivamente. Sin duda, para implantar un cambio tan importante son necesarios estudios más detallados al respecto, pero pueden considerarse como puntos de partida para seguir avanzando en esta línea. La transición hacia este modelo podría realizarse de forma paulatina, manteniendo y/o ajustando los peajes en las autopistas al término de los contratos de concesión e ir implantándolos en las autovías.

Por otro lado, es fundamental señalar que en España los vehículos extranjeros circulan de forma gratuita por la mayor parte de la red viaria mientras que los ciudadanos o empresas de transporte españolas pagan por el uso de las vías europeas. La implantación del «pago por uso» generaría ingresos adicionales importantes por este concepto y sería más justo en términos de tarificación intraeuropea. Además, este mecanismo, bien diseñado, puede generar los incentivos adecuados en la elección del tipo de vehículo y la movilidad tanto de viajeros como de mercancías, permitiendo, con una tarificación flexible, ofrecer precios menores a vehículos más limpios o a usuarios habituales y peajes mayores para circular en horas punta, en situaciones de congestión o con vehículos más contaminantes.

Aun así, la defensa de un sistema de tarificación en vías de alta capacidad no puede hacerse al margen de un análisis intermodal de la utilización de las infraestructuras por parte de viajeros y de mercancías. Bajo una opción *second best*, si los usua-

rios de la carretera no pagan los costes externos que generan, es justificable desde un punto de vista económico subvencionar el transporte por ferrocarril. Sin embargo, en el caso de que el peaje de la red viaria se aplique, no habría justificación para promover el ferrocarril frente a la carretera y las subvenciones al transporte ferroviario estarían difícilmente justificadas dada la sobrecapacidad existente en la actualidad en ambos modos de transporte.

Conviene recordar que el usuario de servicios ferroviarios de alta velocidad no paga, con la tarifa del billete, los costes de construcción y, en algunos tramos, ni siquiera cubre los costes operativos. Independientemente de lo recomendado en este artículo acerca de frenar las inversiones en alta velocidad ferroviaria, en ningún caso los ingresos generados por el peaje en la carretera deberían ir a subvencionar los precios del billete de un viaje en alta velocidad (mucho menos a nuevas inversiones) ya que, si ese fuera el destino de los fondos recaudados, esta tarificación no sería defendible y es preferible no implantarla. La transparencia del modelo es la base de su eficiencia, de que sea aceptado por la sociedad y de que genere ganancias de bienestar.

Así, las reglas de tarificación serán más justas desde el punto de vista del principio «el que usa paga» y, por tanto, más eficientes. Desde el contexto intermodal sería una alternativa más equilibrada entre modos de transporte al igualar las reglas del juego entre ellos. Si los costes están adecuadamente asignados e imputados, el modelo se vuelve más transparente. Por tanto, no solo es necesario revisar los

modelos de tarificación, sino la dependencia financiera de los modos de transporte, analizando también a fondo las subvenciones que recibe cada uno de ellos y su justificación desde un punto de vista social, incorporando efectos económicos externos tales como la congestión, la contaminación o los accidentes. Las decisiones de inversión y financiación/tarificación deben tomarse conjuntamente ya que la política tarifaria y de fijación de precios es determinante en el reparto eficiente de costes entre modos de transporte y usuarios, evitando subvenciones que tratan de favorecer la demanda en infraestructuras infrutilizadas ya que introducen un desequilibrio en la asignación de costes entre modos de transporte y un trato desigual entre ellos.

En la implantación de algún modelo de pago por uso o peaje en las vías de alta capacidad es deseable que la autoridad responsable de la gestión de los recursos recaudados sea independiente, con el fin de que los recursos generados se reinviertan en la mejora de la conservación y seguridad de la red viaria y en paliar los efectos negativos de los costes externos de este modo de transporte, y no sean utilizados como una herramienta recaudatoria adicional que, además de ineficiente, generaría una respuesta social más negativa. El impacto fiscal del «pago por uso» debería ser neutral en términos fiscales y no debería ser complementaria a la recaudación existente, siendo necesario valorar la supresión de algún impuesto de suma fija asociado al vehículo y/o la reducción del impuesto especial sobre hidrocarburos que debería tender hacia un impuesto de tipo

pigouviano que recoja la externalidad medioambiental.

Un ejemplo a seguir en este sentido lo constituye National Highways del Reino Unido, empresa estatal que planifica, diseña, construye y mantiene las autopistas. Depende del Ministerio de Transporte (Department of Transport), pero a su vez está sometida a la auditoría de la Office of Rail and Road, agencia independiente que evalúa la eficiencia y la provisión de cada plan de inversión. Por último, el Transport Focus que es un organismo que representa los intereses del usuario. El mayor aprendizaje que se deriva de esta estructura organizativa es la transparencia en las decisiones adoptadas, los datos que se ofrecen de forma pública y el control que existe en la toma de decisiones. Es conveniente apuntar que esta estructura organizativa es bastante reciente y se adoptó al comprobar que la agencia de carreteras previamente existente estaba más cerca del Gobierno central que otros operadores de infraestructuras y comprobaron que existía falta de visión estratégica derivada de una excesiva cercanía al entorno político y excesiva facilidad en la financiación de nuevas inversiones sin la presión hacia un objetivo de mayor eficiencia que si estaba presente en otros sectores más regulados.

Por tanto, para realizar una transición adecuada hacia un modelo de pago sería recomendable, además, descentralizar decisiones de planificación, evaluación, diseño de contratos de concesión y tarificación en agencias orgánicamente independientes y técnicas que compatibilicen el beneficio privado y social. Es importante promover la par-

tipación público-privada para nuevos proyectos de forma que se introduzca un mayor grado de racionalidad en las decisiones de inversión.

VII. CONSIDERACIONES FINALES

España es el país con la red de alta capacidad viaria y ferroviaria más elevada de la UE. Si bien esto en sí mismo no es negativo, si lo es cuando se analizan los datos de demanda existente para gran parte de la red disponible. La evaluación socioeconómica *ex ante* de los proyectos realizados habría sido deseable ya que una parte importante de las inversiones no se justifican desde el punto de vista de la demanda. Esto ha llevado a problemas importantes en la financiación de estas inversiones en términos de mantenimiento de carreteras, por ejemplo, por lo que es necesario y urgente encontrar alternativas para asumir los costes de las mismas, agotada la vía del endeudamiento público. Priorizar nuevas inversiones sobre el mantenimiento y/o gestión de las infraestructuras situaría al sector en una situación muy delicada.

A partir de lo expuesto en este artículo es posible establecer, a modo de conclusión, algunas recomendaciones:

- En primer lugar, frenar los aumentos en capacidad con nuevas inversiones, especialmente en alta velocidad ferroviaria. Este modo ya ha recibido demasiados recursos públicos de muy dudoso retorno. Respecto a la red viaria, realizar únicamente nuevas inversiones si se demuestra, previamente, su rentabilidad.

- En el escenario actual, para garantizar un modelo de carreteras menos dependiente del gasto público, implantar el «pago por uso» como un instrumento eficiente ya que no solo generará ingresos para financiar la conservación de infraestructuras viarias de alta capacidad, sino que podrá utilizarse como mecanismo para internalizar externalidades y de gestión de demanda promoviendo los incentivos adecuados. La creación de un Fondo de Carreteras para administrar estos ingresos mejorará la transparencia y será una garantía para que estos recursos no se desvíen a otras partidas de gasto fuera del sector.

- Priorizar inversiones en mantenimiento de la red viaria hasta recuperar el déficit acumulado con el fin de evitar la descapitalización de la misma.

- Reforma del modelo concesional actual que presenta carencias importantes relacionadas con la renegociación de plazos y el recurso asiduo a la ayuda pública, incluido el rescate de la infraestructura debido a un inadecuado reparto del riesgo entre la empresa y la administración por una RPA mal definida. Sería conveniente, además, cambiar hacia un modelo de plazo variable que tiene mejores incentivos ya que reduce la necesidad de negociaciones y establece el valor justo en caso de rescate.

En suma, es imprescindible un cambio importante en el diseño de la política de infraestructuras, con antecedentes poco racionales acerca de la inversión pública. Es necesario abandonar la perspectiva de corto plazo ligada al ciclo político-electoral

para garantizar la viabilidad de la reforma y trasladar de manera adecuada a la sociedad los cambios necesarios. Esto solo será posible si las decisiones político-económicas empiezan a promover proyectos adaptados a las necesidades reales y a priorizar el mantenimiento de la red frente a nuevas inversiones. Equivocarse tendrá un coste de oportunidad muy elevado en términos de bienestar para la sociedad.

NOTA

(*) Agradezco los comentarios y sugerencias realizados en la X Reunión Anual del Foro Económico de Galicia.

BIBLIOGRAFÍA

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE CARRETERAS, AEC (2019). *Estudio sobre las necesidades de inversión en conservación*.

AIREF (2020). *Evaluación del Gasto Público 2019. Infraestructuras de transporte*.

ALBALATE, D. y BEL, G. (2015). La experiencia internacional en alta velocidad ferroviaria. *Documento de Trabajo 2015-02*. FEDEA.

ALBALATE, D., BEL, G. y BEL-PIÑANA, P. (2015). Tropezando dos veces con la misma piedra: quiebra de autopistas de peaje y costes para contribuyentes y usuarios. *Revista de Economía Aplicada*, 67, pp. 131-152.

ALBALATE, D., BEL, G. y FAGEDA, X. (2015). Competition and cooperation of High-Speed rail and Air Transportation services in Europe. *Journal of Transport Geography*, 42, January, pp. 166-174.

BAEZA, M. y VASALLO, M. (2011). La intervención de la administración ante las dificultades financieras de las sociedades concesionarias de autopistas de peaje. *Presupuesto y Gasto Público*, 65, pp. 51-60. Instituto de Estudios Fiscales.

BETANCOR, O., ORTUÑO, A. y VASALLO, J. (2017). Las cuentas del transporte en España. *Documento de Trabajo Fedea 2017-14*. FEDEA.

<p>CNMC (2019). Estudio sobre la liberalización del transporte de viajeros por ferrocarril. <i>Colección Estudios de Mercado</i>, E/CNMC-004-19. ISSN 2792-5919.</p> <p>DE LA FUENTE, Á. (2009). Inversión en infraestructuras, crecimiento y convergencia regional. <i>Papeles de Economía Española</i>, 118, pp. 15-26. https://www.funcas.es/wp-content/uploads/Migracion/Articulos/FUNCAS_PEE/118art03.pdf</p> <p>DERUS, G. e INGLADA, V. (1993). Análisis Coste-Beneficio del tren de alta velocidad. <i>Revista de Economía Aplicada</i>, 3, pp. 27-48.</p>	<p>DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS (DGC). <i>Anuario Estadístico</i>. Ministerio de Fomento. Varios años.</p> <p>EUROSTAT. European Commission. <i>EU Transport Figures</i>. Varios años.</p> <p>ENGEL E., FISHER, R. y GALETOVIC, A. (2015). Colaboración Público-Privada en infraestructuras. <i>FEDEA Policy Papers</i>, 2015/11.</p> <p>KEARNEY, A.T. (2018). <i>Hacia un modelo social y sostenible de infraestructuras viarias en España</i>. Asociación de Empresas Constructoras y Concesionarias de Infraestructuras (SEOPAN).</p>	<p>MINISTERIO DE FOMENTO (2019). <i>Los transportes y las infraestructuras</i>. Informes anuales.</p> <p>MINISTERIO DE FOMENTO (2019). <i>Proyecto de presupuestos</i>.</p> <p>OBSERVATORIO DEL TRANSPORTE Y LA LOGÍSTICA EN ESPAÑA (OTLE). <i>Informe Anual 2019</i>. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.</p> <p>TAG (2021). <i>Transport Appraisal Guidance and Green Book</i>. UK: Department for Transport.</p> <p>UE (2014). <i>EU road surfaces: economics and safety impact of the lack of regular road maintenance</i>. European Parliament.</p>
--	---	--

Resumen

En este trabajo se compara la alta velocidad española con los tres países de la UE que disponen de redes de tamaño similar (Alemania, Italia y Francia). Por el lado de la oferta, se describen las inversiones, costes de construcción, modelo organizativo y grado de competencia. Por la demanda, los datos de indicadores de uso de la infraestructura y de tarifas muestran que la red española resulta sobredimensionada, con servicios de muy alta calidad y precios altos. La evidencia sobre los efectos socioeconómicos, territoriales y medioambientales aconsejaría replantear la estrategia de inversiones ferroviarias en España, apostando por modernizar los ferrocarriles convencionales en lugar de seguir expandiendo la alta velocidad.

Palabras clave: alta velocidad ferroviaria, inversiones, movilidad, liberalización, competencia.

Abstract

This paper analyses high-speed railways (HSR) in Spain, compared to the other three UE Member States with large HSR networks. On the supply side, we study infrastructure investments, construction costs, institutional framework and effective market competition. On the demand side, comparative data on the use of infrastructure and rail fares indicate that the Spanish HSR network is oversized, the quality of services is high-standard, and prices are also relatively high. Empirical evidence about the social, economic and environmental effects of HSR, together with impacts on the location of activities, exhibit mixed results. Our main conclusion is that Spain should re-consider its railway sector strategy, in order to promote the modernization of conventional inter-city railways instead of pursuing further expansions of its HSR network.

Keywords: high-speed railways, infrastructure investments, mobility, market liberalization, competition.

JEL classification: C14, D24, H44, L51, L92.

EL FERROCARRIL DE ALTA VELOCIDAD EN ESPAÑA Y OTROS PAÍSES EUROPEOS: UN ANÁLISIS COMPARATIVO

Carlos LÉRIDA NAVARRO

Universidad Autónoma de Madrid

Gustavo NOMBELA

Universidad Complutense de Madrid

José Manuel TRÁNCHEZ MARTÍN

UNED

I. INTRODUCCIÓN

EL desarrollo de la alta velocidad ferroviaria en España comenzó a finales de los años ochenta, con la construcción de la línea de alta velocidad (AVE) Madrid-Sevilla. La experiencia europea en aquella época en este ámbito era escasa: tan solo Italia había puesto en servicio tramos de una línea y el *Train à Grande Vitesse (TGV)* francés estaba en sus inicios. La ocasión de la celebración de la Exposición Universal de Sevilla de 1992, y la necesidad de dar un impulso de renovación al sector ferroviario español e introducir una nueva tecnología innovadora fueron los motivos de aquella decisión.

La opción de adoptar el estándar de ancho internacional para este nuevo servicio, a pesar de la incompatibilidad con el resto de líneas del sistema ferroviario español, evitó repetir el error histórico de tener en España una red de alta velocidad aislada del resto del continente. Tras la entrada en servicio del AVE Madrid-Sevilla, la revitalización del ferrocarril en España fue un hecho que puso en marcha una gran apuesta estratégica por la alta velocidad, con un enorme volumen de inver-

siones a lo largo de más de tres décadas y hasta la actualidad.

Dada la perspectiva que permite el hecho de tener varios corredores de la red española de alta velocidad con bastantes años en servicio, con muchos otros tramos en fase de construcción así como también otras líneas en fase de planificación, resulta oportuno hacer un balance de los resultados e impactos que han generado en nuestro país los trenes de alta velocidad, especialmente cuando se compara con la experiencia de otros países de nuestro entorno.

El objetivo de este trabajo es realizar un análisis comparativo de la alta velocidad española con los otros tres grandes países de la Unión Europea (UE) que tienen redes similares en tamaño (Francia, Italia y Alemania). Para ello, en la sección segunda se presenta una descripción de las redes ferroviarias, inversiones y los costes de construcción, así como el encaje que tienen las líneas de alta velocidad en el conjunto de cada sistema ferroviario. En la sección tercera se describen los aspectos relativos a la demanda de los servicios ferroviarios en cada uno de los países, y en la sección cuarta los efectos

que ha causado la alta velocidad sobre el equilibrio modal y las cuotas del resto de modos de transporte. La quinta sección describe el modelo organizativo actual de cada país, y el proceso de apertura a la competencia que está actualmente en marcha. La sección sexta aborda la discusión de cuáles han sido los efectos socioeconómicos, territoriales y medioambientales que ha generado la alta velocidad, evaluando la evidencia disponible sobre estos aspectos. Finalmente, la sección séptima recoge las principales conclusiones obtenidas a lo largo del artículo.

II. LA RED EUROPEA DE ALTA VELOCIDAD: INVERSIONES Y COSTES COMPARADOS

Aunque no existe una definición única sobre lo que se considera «alta velocidad», ya que hay diferencias entre la opción utilizada por ejemplo por la Unión Internacional de Ferrocarriles (UIC) y la UE, desde una perspectiva general se puede categorizar una línea de alta velocidad ferroviaria como aquella en la que las infraestructuras, el material rodante y las condiciones de la operación permiten alcanzar velocidades comerciales sostenidas en el tiempo superiores a los 250 km/h y velocidades medias superiores, en todo caso, a 150 km/h.

Esta delimitación conceptual conlleva una consecuencia práctica de primer orden en tanto que parte de la premisa de especificaciones técnicas en la infraestructura, en el material rodante y en la gestión de la circulación distintas a las de la red ferroviaria convencional. Así, por ejemplo, en lo que a la infraestructura se refiere, la alta velocidad requiere de la ampliación del

GRÁFICO 1
REDES DE ALTA VELOCIDAD FERROVIARIA EN EUROPA



Fuente: UIC (2021).

radio mínimo de las curvas, pendientes longitudinales mucho menores, así como sistemas de electrificación y seguridad en la circulación diferentes.

Estas diferencias en cuanto a la definición de alta velocidad hacen que las estadísticas de los distintos sistemas ferroviarios puedan presentar variaciones dependiendo de la fuente consultada. A efectos de proporcionar una panorámica general de la situación en los cuatro países que son objeto de estudio en este trabajo, el gráfico 1 presenta un mapa que resulta útil para entender la estructura geográfica de la alta velocidad europea, y en particular de las cuatro redes de alta

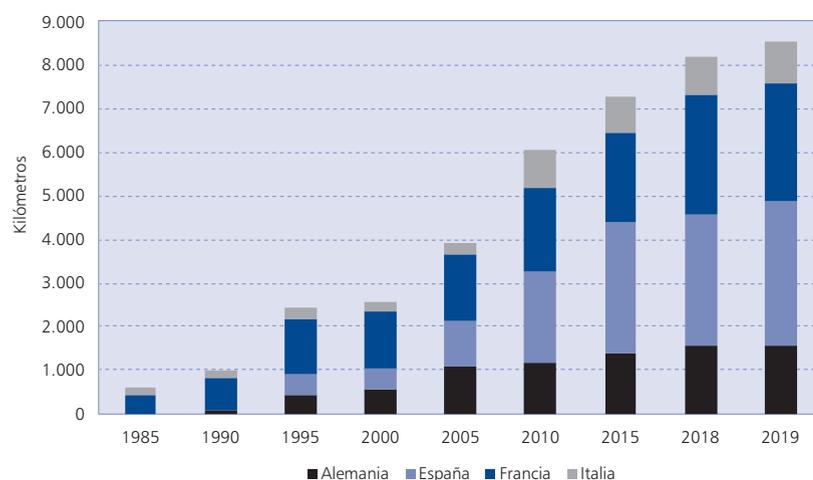
velocidad que se estudian en este trabajo (España, Francia, Italia y Alemania). Por su parte, el gráfico 2 muestra cómo ha ido evolucionando la longitud de las redes de alta velocidad ferroviaria de estos cuatro países desde sus inicios a finales de los años ochenta.

Se describen a continuación, de forma resumida, las principales características de cada una de las cuatro redes de alta velocidad que conforman la parte principal de la alta velocidad europea.

1. Red ferroviaria española

La red ferroviaria de alta velocidad alcanzó en 2020 los 3.402 kilómetros, y está compuesta principalmente por líneas de alta

GRÁFICO 2
DESARROLLO DE LA RED DE ALTA VELOCIDAD



Fuente: Elaboración propia con datos UIC, EU Statistical Pocketbook (2020).

CUADRO N.º 1

INVERSIONES EN ALTA VELOCIDAD EN ESPAÑA Y FORMA DE FINANCIACIÓN

CONCEPTO	MILLONES DE EUROS CONSTANTES 2018	PORCENTAJE DEL TOTAL
Construcción de líneas	54.139	88,60
Construcción de estaciones	1.750	2,90
Adquisición material rodante	4.910	8,00
Estudios	316	0,50
TOTAL	61.115	100
de los cuales:		
Financiación europea	14.087	23,00
Deuda ADIF AV (2019)*	22.585	37,00
Presupuestos AAPP	24.443	40,00

Notas: *Adif Alta Velocidad es una entidad pública empresarial adscrita al Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA) con personalidad jurídica y patrimonio propios, creada tras la segregación de Adif en dos entidades en el año 2013 (Real Decreto 1044, 27 de diciembre). Tiene encomendada la función de gestionar toda la infraestructura de alta velocidad en España (líneas y estaciones).

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de AIREF (2020).

velocidad de nueva construcción, si bien se han ido adaptando y modernizando también algunos tramos de red convencional para permitir el desarrollo de servicios con altas velocidades. De estos 3.402 kilómetros, 2.606 kilómetros los forman la red de alta velocidad de ancho internacional

estándar, 694 kilómetros la red convencional de ancho ibérico y 102 kilómetros de red mixta (Adif, 2020).

La creación y desarrollo de esta red, incluyendo los costes de construcción de todas las infraestructuras necesarias (lí-

neas, estaciones, equipamiento auxiliar, etc.), así como la adquisición y adaptación de material rodante, y los estudios necesarios ha requerido una inversión total de más de 61.000 millones de euros (valores constantes de 2018). El cuadro n.º 1 presenta el desglose de estas inversiones, así como las fuentes de financiación utilizadas.

La estructura de la red ferroviaria española se basa en la existencia de un nodo central en Madrid y se va extendiendo por la geografía peninsular de forma radial con cinco ejes principales o corredores que son: norte (Asturias/Cantabria/País Vasco), noreste (Cataluña), este (Levante), sur (Andalucía), oeste (Extremadura) y noroeste (Galicia). Desde las líneas troncales, algunas de ellas tienen a su vez ramificaciones que llegan a los extremos de la red. Algunos de estos corredores ya están ampliamente desarrollados y con servicios de alta velocidad ferroviaria en funcionamiento, otros van avanzando en su construcción y ya tienen tramos abiertos (norte, noroeste) y otros aún con escaso desarrollo (oeste).

2. Red ferroviaria francesa

La red de alta velocidad francesa empezó a construirse en 1976 y en el año 1981 se puso en marcha la línea TGV Sud-Est que une las ciudades de París y Lyon. Esta es una de las líneas con mayor éxito comercial en todo el mundo, en términos de generación de demanda y de captación de un gran número de viajeros de otros modos de transporte (Bonafous, 1987). En su origen, su finalidad fue solucionar un problema de saturación existente en dicho corredor, ya que París-Lyon era la línea con

más tráfico de los ferrocarriles franceses, con cinco millones de viajeros anuales ya a finales de los años sesenta.

El éxito del TGV París-Lyon dio lugar a la planificación de una extensa red de líneas y se convirtió también en un elemento dinamizador de la industria de diseño y construcción de material rodante ferroviario, ya que gran parte de la tecnología de alta velocidad se desarrolló en Francia

En 1989, se inauguró la línea TGV *Atlantique* (París-Oeste de Francia), con dos ramales a partir de Courtalain, uno hacia Le Mans y otro hacia Tours. En 1993, entró en servicio el TGV *Nord* (París-Lille). Desde ese momento las actuaciones seguidas han sido en la mayor parte de los casos, prolongaciones de estas líneas.

Tras el éxito de los primeros servicios ferroviarios de alta velocidad de los años ochenta, se produjo en Francia una demanda generalizada por parte de las regiones para tener líneas de alta velocidad de conexión con París. El resultado fue la elaboración de un ambicioso plan estratégico en 1991 que contenía 16 proyectos y que elevaba el tamaño de la red por encima de los 3.000 km. A pesar de que el criterio de elección de proyectos del operador ferroviario nacional (Société Nationale des Chemins de Fer Français, SNCF, por sus siglas en francés) era exigir al menos una TIR del 8 por 100, muchas de las líneas proyectadas se quedaban muy por debajo de ese nivel, pero la presión de las regiones consiguió que entrasen en la planificación (en un equilibrio político similar a la situación del Gobierno central en España frente a las comunidades autónomas).

En 1996 se decidió realizar una revisión en profundidad de los planes estratégicos de la alta velocidad y se publicó el *Informe Rouvillois*, que supuso un verdadero punto de inflexión para la política ferroviaria francesa (Ribalaygua, 2005). Por una parte, se descartó una gran parte de los proyectos de alta velocidad previstos, y se mantuvieron únicamente seis de ellos, adoptándose además un ritmo más lento en la planificación de las inversiones para el desarrollo de las líneas. Por otro lado, se trató de mejorar la coordinación con otros modos de transporte y se pusieron en revisión algunos criterios, por ejemplo, sobre la localización de las estaciones en las ciudades.

Esta racionalización de la planificación ferroviaria en Francia ha llevado a un ritmo inversor mucho más lento que en el caso español. No obstante, la red francesa ha ido avanzando a lo largo de las últimas décadas y constituye por su posición geográfica la parte central de la red europea, con conexiones internacionales ya desarrolladas con Bélgica/Holanda, Reino Unido, y en menor medida con España y Alemania.

3. Red ferroviaria italiana

En Italia el motivo para desarrollar líneas de alta velocidad fue también un problema de saturación en el corredor norte-sur. El país fue pionero en el desarrollo de los ferrocarriles de alta velocidad, ya que en el año 1977 se inauguró el primer tramo de alta velocidad en Europa entre Roma-Città della Pieve, perteneciente a la futura línea de alta velocidad que conectaría Roma con Florencia, la *Direttissima*, que hasta 1992 no fue puesta en servicio en su totalidad.

En Italia se ha priorizado el aprovechamiento de la red ya existente. La complicada orografía, con los Alpes y Apeninos, así como la propia configuración de la península Itálica condicionan en gran medida los trazados de alta velocidad. El norte, más desarrollado, es también más accesible. En el sur se busca la complementariedad entre el ferrocarril de alta velocidad con el convencional, generando capilaridad y accesibilidad a más territorios.

El desarrollo de la red italiana se basa, sobre todo, en las ventajas competitivas del tren de alta velocidad respecto al avión en la conexión entre algunas de las principales ciudades del país. Dentro de las cuatro redes consideradas es la más corta, con 946 kilómetros, y la más simple con un número reducido de arcos y nodos. La estructura territorial marca el diseño descentralizado de la red, semejante al alemán, con estructuras urbanas dispersas e importantes núcleos repartidos por buena parte de su territorio.

La red italiana sigue una estructura en forma de T, con un corredor longitudinal norte-sur Milán-Nápoles y otro transversal este-oeste Turín-Verona (ver gráfico 1). El modelo de red existente es fruto del papel económico de Milán en el norte del país y el político de Roma como capital, así como de la orografía del país y de la distribución de los grandes núcleos urbanos, sin concentraciones muy reseñables.

Se trata de líneas mixtas y, en muchos casos, se han incorporado a la red de alta velocidad tramos mejorados de vías convencionales. La idea es emplear el ferrocarril de alta velocidad para regenerar el sector ferroviario na-

cional, complementándolo con el mantenimiento y actualización de los servicios convencionales.

4. Red ferroviaria alemana

Los servicios ferroviarios de alta velocidad se iniciaron en Alemania con la inauguración de las primeras líneas en 1991, Hannover-Würzburg y Mannheim-Stuttgart, preparadas para circulaciones de viajeros a 250 km/h así como de mercancías a 160 km/h, y comenzaron a reorientarse los flujos de transporte desde la dirección este-oeste hacia la norte-sur, en consonancia con los patrones de distribución espacial que ha experimentado el desarrollo industrial en Alemania durante las últimas décadas (Dunn y Perl, 1994).

En 1998 entró en servicio la conexión Berlín-Hannover, posibilitándose con ello la disponibilidad de un corredor de alrededor de 500 kilómetros (Berlín-Hannover-Göttingen-Kassel-Fulda-Würzburg). La línea está destinada a tráfico mixto, circulando por el día trenes de pasajeros y por la noche trenes de mercancías.

En 2006 se puso en servicio la nueva línea Núremberg-Ingolstadt-Múnich. El tramo Núremberg-Ingolstadt es nuevo, mientras que en la mayor parte del trazado restante hasta la capital bávara las actuaciones realizadas han sido de mejora de la vía existente.

La red alemana ha ido incrementando su longitud de vía en alta velocidad tanto con la construcción de líneas nuevas como, sobre todo, por la mejora de la red existente hasta llegar actualmente a un total de 1.658 kilómetros para el sistema de alta velocidad ferroviaria alemán, denominado InterCity Express (ICE).

Al igual que en el caso de Italia, la red alemana destaca por la apuesta para tratar de compatibilizar el ferrocarril convencional con la alta velocidad y las mercancías, comunicando las grandes ciudades y centros de desarrollo económico. Pese a ser más costosas las vías mixtas, en buena parte de los trazados las actuaciones han ido encaminadas al aprovechamiento y mejora de la infraestructura preexistente. En cuanto al tráfico de viajeros, se sitúa inmediatamente por detrás de Francia, dentro de las redes consideradas.

La finalidad principal del desarrollo de la red de alta velocidad ferroviaria alemana es la conexión de las áreas industriales con los puertos del norte, incrementando la capacidad global de la red ferroviaria y teniendo en cuenta que la distribución demográfica de las ciudades alemanas es marcadamente diferente a la francesa, con menor concentración espacial en grandes núcleos urbanos y un mayor número de ciudades intermedias. Este hecho provoca que sea más difícil encontrar trayectos con un volumen de tráfico comparable a los de Francia.

Este mayor equilibrio demográfico espacial, sin grandes aglomeraciones predominantes, dificulta el diseño de líneas ferroviarias de alta velocidad por la elevada densidad de zonas urbanizadas, y además resulta adecuado que las líneas proyectadas sean más accesibles, con más paradas para captar un mayor número de usuarios (López Pita, 1996).

Por ello, puede considerarse que para el desarrollo de la alta velocidad alemana se ha dado prioridad a la frecuencia

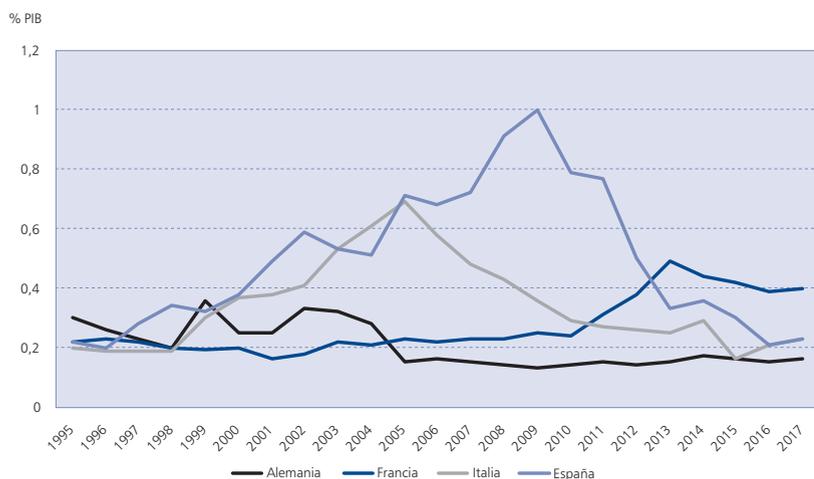
de los servicios y a una mayor accesibilidad a las líneas, frente al modelo de otras redes donde los objetivos han sido desarrollar líneas con altas velocidades medias entre los puntos de origen y destino.

5. Comparación del stock total de capital ferroviario

El elevado volumen de inversiones que España ha acometido en las últimas décadas en el sector ferroviario (en su mayor parte, en proyectos de construcción de la nueva red ferroviaria de alta velocidad) hace que nuestro país destaque no solo de la media de la UE, sino también de las principales economías europeas. El gráfico 3 muestra cómo, en términos relativos al PIB, España mantuvo un ritmo inversor con tasas superiores al 0,5 por 100 durante todos los años del período 2000-2012, y a pesar de la abrupta caída provocada por la crisis global iniciada en 2007-2008, durante los años de los ajustes presupuestarios se siguió invirtiendo al menos un 0,2 por 100 del PIB.

A pesar del fuerte ritmo inversor acometido por España, el sector ferroviario español sigue teniendo en su conjunto –incluyendo tanto las líneas ferroviarias de alta velocidad como las convencionales, y todas las infraestructuras nodales (estaciones) y auxiliares– un stock de capital total de aproximadamente 65.000 millones de euros constantes de 2010, que está muy por debajo del valor del stock de capital de las redes ferroviarias completas de Francia (200.000 millones de euros) y Alemania (135.000 millones de euros), no estando disponibles los datos del stock de capital ferroviario de Italia.

GRÁFICO 3
INVERSIÓN EN INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS
(Porcentaje sobre el PIB)



Fuente: AIReF (2020).

comparados con las estimaciones iniciales de los proyectos, así como también datos sobre los ahorros de tiempo generados sobre las líneas ferroviarias convencionales, que permiten realizar una comparación entre países, así como también extraer algunas conclusiones generales sobre la estrategia comunitaria de desarrollo de una red de alta velocidad en la UE.

El cuadro n.º 2 presenta la información de varias líneas ferroviarias de alta velocidad seleccionadas, y muestra cómo hay una gran disparidad en las cifras de coste por kilómetro, así como también en el indicador de coste por minuto ahorrado con el desarrollo de cada línea en comparación con el servicio ferroviario convencional existente antes de su construcción.

Los datos de las ocho líneas de alta velocidad europeas del cuadro n.º 2 muestran que la existencia de sobrecostes sobre los proyectos iniciales es algo habitual, y en general puede considerarse que el coste efectivo por kilómetro está en todos los casos un 25-30 por 100 por encima del valor proyectado. En algún caso extremo, como

6. Los costes de la alta velocidad en Europa

La comparación de los costes de las infraestructuras ferroviarias acometidas en los cuatro países analizados no resulta sencilla, ya que en la información estadística existen habitualmente grandes discrepancias entre países (por ejemplo, en algunos casos se incluyen en los datos

los costes de expropiación de los terrenos para la construcción de las líneas, mientras que en otros se excluyen).

No obstante, en una amplia auditoría realizada sobre varias de las principales líneas de alta velocidad europeas (Tribunal de Cuentas Europeo, 2018) se aporta una información detallada de costes de construcción efectivos

CUADRO N.º 2
COSTES DE VARIAS LÍNEAS DE ALTA VELOCIDAD EUROPEAS

LÍNEA	LONGITUD (KM)	COSTE TOTAL (MILLONES DE EUROS)	EXCESO COSTES (SOBRE PROYECTO INICIAL %)	COSTE POR KM (MILLONES DE EUROS)	COSTE POR MINUTO AHORRADO (MILLONES DE EUROS)
Berlín-Múnich (DE)	671	14.682	76,1	21,9	104,9
Stuttgart-Múnich (DE)	267	13.273	622,1	49,7	368,7
LGV Rhin-Rhône (FR)	138	2.588	26,1	18,8	34,51
LGV Est Européenne (FR)	406	6.712	28,1	16,5	51,6
Madrid-Barcelona-Figueras (ES)	797	12.109	38,5	15,2	39,7
Madrid-León (ES)	345	5.415	33,3	15,7	57,0
Turín-Salerno (IT)	1.007	32.169	-	31,9	167,5
Milán-Venecia (IT)	273	11.856	-	43,4	242,0

Fuente: Tribunal de Cuentas Europeo (2018).

es la línea Stuttgart-Múnich, el coste puede llegar a multiplicarse hasta por seis (un sobrecoste que se produjo, entre otros motivos, por las necesidades de intervenciones urbanísticas en Stuttgart en un entorno densamente poblado, donde la evaluación inicial de aspectos geológicos, ambientales y de patrimonio cultural había sido insuficiente).

En términos absolutos, el coste de cada kilómetro de línea ferroviaria de alta velocidad está en torno a los 15-20 millones de euros, si bien este indicador varía mucho en función de la dimensión total de la línea, así como también de las condiciones geográficas del terreno por el que atraviesa el trazado. La necesidad de cruzar zonas montañosas con altos desniveles, como es el caso de muchos proyectos en el norte de España, implica la construcción de numerosos túneles y viaductos, que elevan considerablemente el coste por kilómetro de las infraestructuras de alta velocidad.

En la misma auditoría a proyectos ferroviarios, el Tribunal de Cuentas Europeo señala entre sus conclusiones que la política ferroviaria de la Comisión Europea no ha logrado sus objetivos de fomentar la creación de una verdadera red de alta velocidad, sino que en general ha cofinanciado proyectos a los que cada país deseaba dar prioridad de acuerdo con sus necesidades nacionales, mientras que los proyectos de conexión entre redes ferroviarias de distintos países no han avanzado al ritmo previsto en la planificación estratégica de las redes transeuropeas (TEN-T).

Por otro lado, en una evaluación de los ahorros de tiempo conseguidos con el elevado vo-

lumen de inversiones que se han venido acometiendo en las últimas décadas, la experiencia europea en general muestra que la tecnología de alta velocidad ferroviaria resulta muy costosa en relación con los beneficios que se alcanzan, en comparación con otras alternativas de mejora de la red convencional para alcanzar velocidades inferiores, pero que podrían aportar un mayor grado de eficiencia económica.

A modo de ejemplo, considerando la línea Venecia-Trieste para las alternativas de construcción de una nueva línea ferroviaria de alta velocidad (300 km/h) y la mejora de la línea convencional para permitir una velocidad de 200 km/h, el aumento del coste por kilómetro resulta de una enorme magnitud (se multiplica por cuatro). Este incremento parece desproporcionado si se contrasta con el ahorro efectivo que supone del tiempo de viaje estimado para los usuarios de la línea (solamente diez minutos menos de trayecto). Optar por la alta velocidad en este caso supone valorar monetariamente el minuto de trayecto en este tramo en 570 millones de euros.

La evaluación sistemática de las opciones de mejora de la red convencional frente a la alternativa de la alta velocidad es una política que se aplica en Alemania e Italia, mientras que en el caso de Francia se hizo una apuesta decidida por líneas de nueva construcción, y en España podemos afirmar que en numerosos proyectos de alta velocidad no se ha evaluado correctamente si las opciones de mejora del tren convencional podrían suponer soluciones menos costosas y más eficientes desde un punto de vista de utilización de los recursos públicos para los objetivos deseados.

III. LA DEMANDA DE SERVICIOS DE ALTA VELOCIDAD

La demanda de alta velocidad ferroviaria se deriva de las necesidades de movilidad de las personas, que para las distancias medias y largas que cubren habitualmente las líneas de alta velocidad pueden simplificarse en las dos categorías clásicas de tipos de viajes (desplazamientos no ordinarios por motivos de negocio/trabajo y movilidad por turismo/ocio), ya que solamente en ocasiones puntuales pueden encontrarse relaciones ferroviarias de alta velocidad que sean utilizadas para viajes diarios entre puntos de residencia y lugares de trabajo o estudio (viajes de tipo *commuting*).

No obstante, en el caso de los principales corredores de los cuatro países europeos analizados es posible encontrar estaciones intermedias situadas a menos de 150-200 km de los puntos principales de cabeceras de las líneas donde existen estos segmentos de viajeros, que pueden tener su importancia en términos de volumen de ingresos para las compañías operadoras.

Con independencia de estos pasajeros de tipo frecuente, para quienes en sus elecciones de modo de transporte pueden influir factores tales como la localización y accesibilidad de las estaciones, el viajero de tren de alta velocidad que realiza los trayectos completos de las líneas entre origen y destino toma sus decisiones de viaje sobre todo en función de estos factores: *tiempo de viaje* (que depende de características técnicas de las líneas, y del número de paradas intermedias); *tarifas ofertadas* (elección de los operadores según su es-

trategia comercial); *frecuencia del servicio* (número de operaciones diarias); y *aspectos de calidad* (espacio en los vagones, comodidad de los asientos, servicios complementarios, etc.). Como señala Zembri (2005), a diferencia del ferrocarril convencional, el tren de alta velocidad selecciona sus propios usuarios, creándose una demanda bastante selectiva. Por otro lado, como se discute más adelante en la sección sexta, también el modo ferroviario de alta velocidad es selectivo en cuanto a las zonas del territorio que conecta.

Un análisis de los servicios ferroviarios ofertados en los cuatro países estudiados señala que hay una diferente concepción de la alta velocidad en cada país. En los casos de Francia y España se ha apostado principalmente por ofertar servicios de una calidad elevada entre grandes ciudades, con velocidades muy altas, tiempos de viaje lo más cortos posibles y precios altos, mientras que en Alemania e Italia se prima más la accesibilidad de las ciudades intermedias situadas a lo largo de los corredores origen-destino, y por ello se incrementa el número de paradas, se reduce la velocidad media, pero también se ofertan tarifas relativamente más bajas.

La velocidad media efectiva de los servicios de alta velocidad depende, en primer lugar, de las características técnicas de las líneas, pero en buena medida es el resultado de decisiones operativas, y se convierte en uno de los factores fundamentales a la hora de determinar el grado de atracción que puede ejercer el tren de alta velocidad sobre los viajeros de otros modos de transporte. El cuadro n.º 3 muestra una comparación de velocidades

CUADRO N.º 3
COMPARATIVA DE VELOCIDAD EN VARIAS LÍNEAS EUROPEAS

LÍNEA ALTA VELOCIDAD	VELOCIDAD MÁXIMA ALCANZABLE (KM/H)	VELOCIDAD MÁXIMA COMERCIAL (KM/H)	VELOCIDAD MEDIA (KM/H)
Madrid-Barcelona	350	310	248,40
Madrid-Zaragoza	350	310	244,80
París-Lyon	300	300	214,87
París-Lille	300	300	201,35
Roma-Milán	360	300	185,83
Hannover-Wurzburg	300/330	250	167,60
Colonia-Fráncfort	300/330	280	157,71

Fuente: UIC.

CUADRO N.º 4
COMPARACIÓN DE TARIFAS DE ALTA VELOCIDAD ENTRE PAÍSES, 2017
(Euros por minuto de viaje)

PAÍS	VIAJEROS DE NEGOCIOS *		VIAJEROS DE OCIO **	
	TREN ALTA VELOCIDAD	TREN CONVENCIONAL	TREN ALTA VELOCIDAD	TREN CONVENCIONAL
Francia	0,58	-	0,64	-
España	0,30	0,15	0,35	0,19
Italia	0,24	0,14	0,27	0,13
Alemania	0,24	0,18	0,19	0,16

Notas: * Estudio realizado con información comercial real de tarifas y horarios. Se considera que los viajeros de negocios desean utilizar las primeras salidas de la mañana para el viaje de ida, y las primeras de la tarde para el viaje de vuelta, y se toman precios de billetes de ida y vuelta para realizar desplazamientos en días laborables reservados con tres meses de antelación.
** Para los viajeros de ocio, se toman como referencia viajes de ida y vuelta realizados de viernes a domingo, con horarios de salida a partir de las 10:00 am, y los últimos servicios de la tarde para viajes de regreso. En ambos casos (viajeros de negocio y de ocio), se ha restringido la muestra a desplazamientos en la línea completa, entre origen y destino. Los datos de tarifas corresponden a 2017.
Fuente: Tribunal de Cuentas Europeo (2018).

técnicamente alcanzables y velocidades efectivas en una muestra de líneas de los cuatro países analizados.

En el grupo de líneas seleccionadas en el cuadro n.º 3, puede observarse cómo en la línea correspondiente a Italia (Roma-Milán) y en las dos líneas de Alemania (Hannover-Wurzburg, Colonia-Fráncfort) las velocidades medias efectivas son significativamente menores a las francesas y españolas, pero estas diferencias

no parecen ser atribuibles completamente a características técnicas, ya que por su diseño estas tres líneas permitirían alcanzar velocidades máximas puntuales comparables al resto. Por tanto, las diferencias deben venir explicadas principalmente por la configuración de las líneas (número de estaciones, frecuencias).

En cuanto a las tarifas aplicadas a los servicios de alta velocidad, en consonancia con las distintas velocidades medias

ofertadas en los países, también existen diferencias cuando se evalúa el coste por minuto de viaje en rutas de Francia y España, en comparación con las de Alemania e Italia. El cuadro n.º 4 muestra de forma sintética estas diferencias entre los países, así como la gran diferencia que existe al contrastar los servicios de ferrocarril convencional con los de alta velocidad.

En síntesis, los resultados que puede obtener una línea ferroviaria de alta velocidad en términos del volumen de demanda total anual que puede captar dependen de factores estructurales, tales como el tamaño de población de las ciudades conectadas, y su localización geográfica a lo largo de corredores, del coste generalizado de transporte (= tarifa + tiempo de viaje) que supongan los desplazamientos en tren frente a otros modos de transporte (avión, autobús, vehículo privado), y de aspectos de calidad y comodidad del servicio.

En general, y salvo contadas excepciones, las líneas de alta velocidad ferroviaria en Europa están muy por debajo de los niveles de demanda efectiva que se están alcanzando en los últimos años en países de Asia (Japón, China, Corea del Sur), que es

la región del mundo donde el desarrollo de la alta velocidad ferroviaria está logrando un mayor éxito en términos de volumen de viajeros y rentabilidad económico-financiera.

En particular, para el caso de España resulta enormemente llamativo el escaso volumen de utilización de las infraestructuras ferroviarias en las nuevas líneas de alta velocidad, en términos de millones de pasajeros-kilómetro por cada kilómetro de red (5,0) en comparación con los datos de utilización de la red que se alcanzan en Francia (19,2), Alemania (12,7) e Italia (17,5) (ver cuadro n.º 5). También se refleja el bajo nivel de demanda existente en España cuando la utilización de la red ferroviaria se mide en términos per cápita sobre el total de población. En parte, esta menor demanda efectiva se puede explicar por las elevadas tarifas de los servicios de alta velocidad, unido a unos datos de PIB per cápita expresado en términos de paridad de poder adquisitivo en España relativamente inferiores respecto al resto de países considerados.

Estos indicadores relativos de la demanda en relación con la red disponible son señales de que la estrategia de convertir-

nos en el país de Europa con la mayor red ferroviaria de alta velocidad ha sido una apuesta poco fundamentada en el tamaño real de la población y en los patrones de movilidad que existen en el país. De acuerdo con estimaciones de ingresos y costes basadas en datos promedio a nivel mundial, De Rus y Nombela (2007) calculan que para alcanzar un umbral de rentabilidad económico-financiera en una línea de alta velocidad de 500 km de longitud es necesario que la demanda supere los 8 millones de viajeros anuales, una cifra que ni siquiera se alcanza en el principal corredor ferroviario de alta velocidad en España (Madrid-Barcelona).

IV. IMPACTOS SOBRE EL EQUILIBRIO MODAL

La entrada en el mercado de los servicios de alta velocidad ferroviaria ha tenido en todos los países europeos un importante efecto de reequilibrio entre los modos de transporte existentes. En general, para distancias superiores a los 500 km, el modo más perjudicado por la aparición de la alta velocidad es el transporte aéreo, comparativamente más que el autobús o el vehículo privado.

CUADRO N.º 5

INDICADORES DE UTILIZACIÓN DE LAS REDES DE ALTA VELOCIDAD (2018)

PAÍS	LONGITUD RED DE ALTA VELOCIDAD (KM)	POBLACIÓN (MILLONES)	PIB PER CÁPITA PPA*	TOTAL PAX-KM ALTA VELOCIDAD (MILES DE MILLONES)	PAX-KM PER CÁPITA	PAX-KM POR CADA KM DE LA RED DE ALTA VELOCIDAD (MILLONES)
Francia	2.548	67,0	103	49,0	731	19,2
Italia	1.144	60,6	94	20,0	330	17,5
Alemania	2.141	82,8	121	27,2	329	12,7
España	2.675	46,2	86	13,4	290	5,0

Notas: *Índice publicado por Eurostat que mide el PIB *per cápita* en términos de paridad de poder adquisitivo (PPA), con valor 100 para la media de los países miembros de la UE.

Fuentes: Tribunal de Cuentas Europeo (2018) y Eurostat.

En el caso de España, el sector aéreo ha sufrido grandes pérdidas de cuotas de mercado, destacando en primer lugar el puente aéreo Madrid-Barcelona, donde se mantienen aún servicios de avión aunque en volumen muy inferior al que existía antes de la alta velocidad (5 millones de pasajeros aéreos al año en 2007, un tercio de los cuales cambió al AVE inmediatamente tras la entrada en servicio), pero en otros casos las cuotas aéreas se han reducido drásticamente como en los corredores de Madrid-Sevilla, Madrid-Málaga y Madrid-Valencia (Castillo-Manzano, Pozo-Barajas y Trapero, 2015).

Su implantación también ha afectado al ferrocarril convencional puesto que en aquellas rutas en las cuales se ha implantado el nuevo servicio se ha producido un efecto de sustitución más que de aumento de la diversidad de oferta. Esto supone importantes consecuencias a nivel socioeconómico, sobre todo en relación con la demanda. El precio de los billetes en alta velocidad es sensiblemente superior a los del tren convencional, por lo que parte de la demanda abandona el transporte en ferrocarril y opta por otros modos para desplazarse. Una parte importante de los antiguos usuarios del tren convencional (segmentos de población de rentas bajas) no son viajeros que captan los servicios de alta velocidad, sino que son pasajeros que van hacia otros modos de transporte como el autobús interurbano, o que ven reducidas sus posibilidades de movilidad al encarecerse el transporte.

A nivel europeo, la irrupción del nuevo tren ha tenido especial relevancia en trayectos cortos o medios tales como París-Lyon o Roma-Bolonia, donde el tren de

alta velocidad alcanza una proporción respecto al avión del 85 por 100 y 74 por 100 respectivamente (Catalani, 2006). En la ruta Milán-Roma, la cuota del ferrocarril de alta velocidad aumentó desde un 36 por 100 en 2008 al 65 por 100 en tan solo cinco años tras la entrada de los nuevos servicios, mientras que la del transporte aéreo cayó del 45 por 100 al 26 por 100 en el mismo período (Crocco y Violi, 2013).

Si se realiza una comparación de la cuota modal del transporte aéreo antes y después de la llegada de alta velocidad ferroviaria se constata que existen rutas en España entre los 390 y 500 kilómetros aproximadamente (Madrid-Andalucía y Madrid-Valencia) en las que el avión ha pasado de presentar cuotas entre el 40 y el 70 por 100 a quedarse solamente en torno al 15 por 100. En las rutas europeas que cubren distancias similares, como son los casos de París-Lyon; París-Bruselas y Hamburgo-Fráncfort, la cuota modal del avión posterior a la entrada en servicio de la alta velocidad es todavía menor, por debajo del 10 por 100, si bien las cuotas previas de partida también eran más reducidas.

En España es muy llamativo el caso del trayecto Madrid-Málaga, donde a partir de una distribución favorable al avión (en torno al 70 por 100) se ha invertido la tendencia y el ferrocarril presenta una cuota por encima del 80 por 100 frente al avión (si se consideran solo los viajes en modos de transporte público), y superior al 50 por 100 si se estima el total de viajes/año que se realizan en esa ruta incluyendo los viajes en vehículo privado, si bien hay que tener en cuenta que en esa cuota tan

elevada influye que se ha producido además la cancelación del ferrocarril convencional.

El cuadro n.º 6 presenta unas estimaciones del total de viajeros anuales entre provincias basadas en un estudio piloto de movilidad realizado por el Ministerio de Transportes a partir de los datos de teléfonos móviles de una muestra representativa de la población obtenidos en 2017. Aunque las estimaciones son únicamente una aproximación a los movimientos entre los puntos de origen y destino de las líneas (no se consideran los trayectos entre ciudades intermedias en las rutas), los resultados muestran que en el corredor Madrid-Cataluña el movimiento total de personas es aproximadamente 9,4 millones viajeros/año, 10,8 millones en el corredor Madrid-Comunidad Valenciana, y 8,3 millones en las rutas Madrid-Córdoba-Sevilla y Madrid-Málaga. La conclusión principal que puede extraerse de las cifras del cuadro n.º 6 es que el ferrocarril de alta velocidad debería captar prácticamente la totalidad de los viajeros de cada corredor para alcanzar umbrales de rentabilidad en España. Se puede señalar además que estos tres corredores –los que han sido objeto del proceso de liberalización y apertura a la competencia en España que se describe más adelante– son los de mayor demanda, ya que en el resto de las líneas de la red española el volumen de viajeros es muy inferior.

Por tanto, un análisis en términos globales de la demanda de movilidad en España, así como la comparación del uso de la red ferroviaria de alta velocidad con los otros tres países estudiados en este trabajo, permite extraer la conclusión

CUADRO N.º 6

ESTIMACIONES DE VIAJEROS TOTALES EN LOS PRINCIPALES CORREDORES DE ALTA VELOCIDAD EN ESPAÑA (2017)

	AUTOBÚS*	AVIÓN	TREN	COCHE	TOTAL VIAJES/AÑO (MILES)
Corredor Madrid – Cataluña					
Madrid-Barcelona	395	1.725	3.700	1.610	7.430
Madrid-Girona	-	95	215	265	575
Madrid-Lleida	-	10	260	270	540
Madrid-Tarragona	-	100	300	420	820
TOTAL	395	1.930	4.475	2.565	9.365
Corredor Madrid – Com.Valenciana					
Madrid-Alicante	325	240	1.480	2.015	4.060
Madrid-Castellón	60	45	265	845	1.215
Madrid-Valencia	240	370	2.150	2.775	5.535
TOTAL	625	655	3.895	5.635	10.810
Corredor Madrid – Andalucía					
Madrid-Córdoba	125	4	825	665	1.619
Madrid-Málaga	310	355	1.705	785	3.155
Madrid-Sevilla	170	245	2.270	840	3.525
TOTAL	605	604	4.800	2.290	8.299

Nota: *Los datos de viajes en autobús no han sido objeto de un control tan detallado como en el resto de los modos, por lo que solo deben considerarse estimaciones muy aproximadas (cuando existen datos).

Fuente: Elaboración propia basada en datos del MITMA (2019).

general de que tenemos una red enormemente sobredimensionada para las necesidades reales de movilidad actualmente existentes en el país.

V. MODELOS ORGANIZATIVOS DE LA ALTA VELOCIDAD: LA APERTURA A LA COMPETENCIA

Los cuatros sistemas ferroviarios analizados presentan modelos organizativos diferentes. Alemania, Francia e Italia presentan un modelo integrado verticalmente en el que las funciones de administración y operación de la infraestructura se realizan bajo un mismo *holding* o grupo empresarial, sin perjuicio de los operadores competidores que pudieran existir en cada uno de los segmentos.

En el caso de Alemania, Deutsche Bahn Netz desarrolla las funciones de administración de la red, mientras que Deutsche Bahn Fernverkehr (larga distancia) y Deutsche Bahn Regio (cercañas) las de operación de la red. Todas ellas son filiales del grupo Deutsche Bahn AG (Nikitinas y Dailydka, 2016).

En Francia, SNCF Réseau es la encargada de la administración de la infraestructura y SNCF Mobilités de su operación. Ambas son filiales separadas del grupo SNCF (Société Nationale des Chemins de Fer Français). Italia mantiene las dos empresas dedicadas a la operación (Trenitalia SpA) y a la administración de la red (Rete Ferroviaria Italiana, RFI), englobadas bajo el mismo grupo empresarial Ferrovie dello Stato SpA.

Solamente España cuenta con entidades plenamente separadas: Adif para la administración de la infraestructura y Renfe y sus competidores para la operación de la red. En este ámbito organizativo España presenta una peculiaridad por cuanto tratándose de un modelo de separación, incluso su administrador de infraestructura está separado en dos entidades para la gestión de la red de alta velocidad (Adif AV) y la red convencional (Adif).

En cuanto al grado de competencia entre operadores de servicios ofertados en las redes de alta velocidad ferroviaria, la liberalización que ha promovido a nivel normativo y operativo la Comisión Europea (Lérida-Navarro, Nombela y Tránchez-Martín, 2019) no ha alcanzado grandes cotas de éxito. La situación habitual sigue siendo la oferta de

servicios de alta velocidad por un único operador, como en los casos de Francia y Alemania, o como mucho dos, situación que se da en Italia. En España se ha iniciado la apertura a la competencia de Renfe con otros operadores, y se pretende lograr la coexistencia de hasta tres operadores distintos ofertando servicios en los mismos corredores. Se resume a continuación la situación del mercado de servicios ferroviarios en cada uno de los cuatro países analizados.

1. España: un mercado en proceso de apertura a la competencia

La liberalización del segmento de pasajeros en España se basa en el modelo de competencia «en el mercado», promoviendo la entrada de nuevos operadores para dar servicios en las mismas líneas de alta velocidad que Renfe-Operadora, pero se ha llevado a la práctica a través de un proceso planificado para dar estabilidad a medio plazo para que los operadores puedan realizar las inversiones necesarias en el material móvil y otros activos (para un mayor detalle sobre este proceso, véase Lérida-Navarro y Nombela, 2022).

Para la apertura a la competencia en servicios de alta velocidad en los tres principales corredores identificados como potencialmente interesantes para empresas ferroviarias (Madrid-Barcelona, Madrid-Levante y Madrid-Sevilla-Málaga) se ha optado por diseñar un proceso de licitación para seleccionar varios operadores que pudieran optar a ofertar servicios en competencia.

Al efecto de ordenar la entrada de competencia, Adif ha

estructurado su oferta de capacidad en tres posibles paquetes de «surcos ferroviarios» (permisos para operar trenes en una línea en determinados horarios), para optimizar así la utilización de la capacidad tanto de las líneas como de las estaciones. Estos tres paquetes (A-B-C) se diseñaron para operadores que desearan optar a uno de estos tres diferentes modelos de explotación: (A) operador principal (63 por 100 de la capacidad de las líneas); (B) operador mediano (hasta un 26 por 100 de capacidad); y (C) operador minoritario tipo *low-cost* (11 por 100 de capacidad).

Tras el proceso de licitación, las empresas ganadoras de los paquetes fueron Renfe-Viajeros (A), el consorcio ILSA formado por la aerolínea Air Nostrum y el operador ferroviario público italiano Trenitalia (B), y Rielsfera, compañía filial de la francesa SNCF (C).

La pandemia sanitaria retrasó la entrada en servicio de los trenes competidores de Renfe, que estaba prevista para 2020, y cuando dicha entrada comience a materializarse se comprobará el grado de éxito que puede alcanzar este proceso de liberalización. No obstante, parece difícil que se logre mantener en el tiempo un equilibrio con tres empresas ferroviarias en competencia, ya que un análisis de las ofertas presentadas indica que los operadores parecen haber sido muy optimistas en sus solicitudes: el incremento de la oferta derivado de la capacidad solicitada podría situarse entre un 30 por 100 y un 50 por 100, según los corredores, por encima de los servicios de alta velocidad que habitualmente ofertaba Renfe antes de 2020.

2. Italia: una experiencia pionera en competencia ferroviaria

Italia fue el primer sistema ferroviario en Europa en la introducción de competencia en el segmento de alta velocidad, con la creación en 2006, año de su apertura formal, del operador privado Nuovo Trasporto Viaggiatori (NTV).

No obstante, hasta el año 2012 no fue posible su operación por la gran cantidad de barreras de entrada a las que tuvo que hacer frente (sobre todo relativas a la homologación del material rodante y la disponibilidad de estaciones) lo que permitió estrategias reactivas por parte del operador ya existente en el mercado (Trenitalia).

Actualmente NTV ha alcanzado una cuota en torno al 25 por 100 del mercado, con una oferta de servicios bastante inferior al operador principal, pero muy competitiva en términos de tarifas y horarios. Una de las claves del éxito de este operador ferroviario privado es que ha replicado la oferta de su competidor en muchos corredores, con una agresiva política de tarifas (en determinados segmentos con billetes hasta un 40 por 100 más baratos que los de Trenitalia). NTV alcanzó un volumen de 13 millones de viajeros anuales en 2018, con 68 circulaciones diarias y un tren cada media hora entre Roma y Milán, logrando un factor de ocupación del 77,8 por 100.

Los efectos dinamizadores de la existencia de un operador privado parecen haber sido muy positivos: como resultado de la competencia entre NTV y Trenitalia, la demanda se ha

incrementado un 65 por 100 en términos de pasajeros-kilómetro y las tarifas medias han caído significativamente en comparación con la situación previa a la apertura del mercado (Desmaris, 2016; Finger y Montero, 2020).

3. Alemania: competencia efectiva en mercancías pero escasa en pasajeros

En Alemania, la competencia efectiva destaca sobre todo por presentar el mayor número de operadores competidores tanto en el segmento de mercancías, donde la cuota de las empresas ferroviarias entrantes alcanza el 45 por 100, como en el transporte ferroviario de servicio público (único segmento subvencionado de todo el sistema ferroviario alemán) con una cuota de los operadores entrantes cercana al 30 por 100. En los servicios comerciales, el dominio de Deutsche Bahn (DB, por sus siglas en alemán) es total con una cuota de mercado de los nuevos operadores (FlixTrain) del 1 por 100 debido a los costes iniciales de entrada.

En general, únicamente se observa un grado relevante de competencia en segmentos de la periferia del sistema ferroviario del país, de forma que no se han producido muchas situaciones de competencia frontal entre operadores privados y la empresa principal del sistema ferroviario alemán (DB).

Uno de los motivos de la baja entrada efectiva de nuevos operadores ferroviarios para los servicios comerciales en el sistema ferroviario alemán es el éxito que ha tenido la liberalización de los servicios de autobuses de pasajeros por carretera de larga distancia en Alemania. Dicho proceso ha logra-

do un incremento muy relevante en la oferta, pasándose de 26 millones de kilómetros ofertados en 2012 hasta los 220 millones de kilómetros en 2015, y existen unos 50 operadores de autobuses.

4. Francia: escasa o nula competencia

En Francia la liberalización ha comenzado en el segmento de trenes regionales, con la limitación de que las regiones tienen la opción de otorgar directamente los contratos a SNCF Mobilités hasta 2023, y por una duración máxima de diez años.

En relación con los servicios de alta velocidad se exige que el operador entrante sea propietario de los vehículos. Esto supone una importante barrera de entrada por la alta inversión y el tiempo necesarios para desarrollar una flota propia adecuada.

El transporte de mercancías fue liberalizado en 2006 lo que ha permitido la aparición de algunos competidores. A pesar de ello, SNCF Mobilités mantiene una cuota de mercado dominante en el transporte de mercancías (73,7 por 100).

VI. EFECTOS SOCIOECONÓMICOS, TERRITORIALES Y AMBIENTALES

En la literatura económica existe un consenso generalizado sobre los efectos directos de la introducción de líneas de alta velocidad en el ámbito del transporte: aumento de la accesibilidad, disminución de los tiempos de trayecto, sustitución modal, etc. (Nash, 2009; Givoni, 2006; Campos, De Rus y Barrón, 2012). Sin embargo, no existe tanta

unanimidad a la hora de valorar la existencia de efectos indirectos o de segundo orden sobre otros ámbitos. En esta sección realizamos un repaso, no exhaustivo, de los principales efectos indirectos destacados por la literatura; para ello hemos estructurado la misma distinguiendo entre posibles efectos socioeconómicos, territoriales y medioambientales.

Algunas apreciaciones deben ser hechas de forma previa. En primer lugar, resulta difícil establecer con rotundidad relaciones causales ente la introducción de la alta velocidad y otras variables económicas y sociales (crecimiento, cohesión territorial, mejoras medioambientales), ya que la evolución de las mismas tiene siempre una explicación multifactorial. Aunque el desarrollo de las metodologías de evaluación de impacto está logrando cada vez mejores resultados en la determinación de estas relaciones de causalidad, no siempre los estudios realizados cumplen correctamente los requisitos para una evaluación de impacto correcta.

En segundo lugar, una valoración completa de los efectos económicos, sociales y medioambientales de cualquier política debe comprender no solo el análisis de sus efectos positivos, sino también de sus costes (también económicos, sociales, medioambientales) para tener una imagen completa de su posible rentabilidad y necesidad. Incluso, de forma más específica, deberían valorarse sus costes de oportunidad, en términos del posible uso que podrían tener los recursos asignados a dicha política si fueran destinados alternativa-mente a otras políticas.

Por último, es necesario destacar la importante distancia que

suele existir entre percepciones sobre una política y resultados reales avalados con datos. Algunos estudios (Willigers, 2006; Greengauge, 2006) han destacado la generalizada percepción positiva que tiene entre los ciudadanos y gobernantes la posible introducción de la alta velocidad en sus territorios. Esta percepción positiva valora que disponer de esta red generará efectos positivos como una mayor conectividad, la atracción de negocios y de turismo, etc., incluso a veces sin que exista evidencia empírica de los mismos. Pero, sobre todo, infravalora normalmente los costes monetarios y costes de oportunidad de su implementación.

1. Efectos socioeconómicos

Cuando se intenta valorar una posible inversión en líneas de alta velocidad, se suelen exponer *a priori*, como argumentos justificativos de la misma, grandes expectativas de dinamización: crecimiento de la actividad económica, aumentos de población, fomento del turismo, desarrollo del sector inmobiliario, mayor movilidad social, etcétera.

Sin embargo, no siempre existe evidencia empírica de esos efectos dinamizadores positivos. Asimismo, analizadas dichas inversiones desde una perspectiva completa, teniendo en cuenta los diferentes beneficios y costes, no suele estar clara la rentabilidad socioeconómica de las mismas (Givoni, 2006).

Efectos sobre el crecimiento de la actividad económica agregada

La gran mayoría de estudios indican que el impacto de la alta velocidad ferroviaria sobre el crecimiento de la actividad económica agregada es muy re-

ducido, cuando no nulo (Blum, Haynes y Karlsson, 1997; Preston y Wall, 2008; Albalate y Bel, 2011). Por un lado, no existe evidencia empírica contundente que demuestre que la alta velocidad atraiga nuevas empresas o genere nuevas inversiones, sino que promueve la consolidación de los procesos ya existentes que se ven reforzados por la mayor movilidad. De hecho, la alta velocidad no suele aparecer entre los factores más valorados por las empresas para decidir su localización (Bonnafous, 1987; Haynes, 1997; Willigers, 2006; Albalate y Bel, 2011).

Por otro lado, la alta velocidad puede producir un «efecto drenaje» e incluso generar efectos negativos sobre las regiones que parten de una menor actividad económica, y que ven cómo determinados segmentos de la actividad económica se derivan hacia regiones con condiciones económicas más favorables (Bonnafous, 1987; Arduin, 1991). Algunos autores señalan que las expectativas sobre dinamización de una economía regional que en ocasiones trae la alta velocidad deberían matizarse pues la mayoría de los efectos observados son más bien de distribución intrarregional (diferente distribución de las actividades dentro de una región), en lugar de tener efectos reales generativos o acumulativos como una forma de estímulo a la actividad regional total (Vickerman, 1997 y 2007; Willigers, 2006)

Esta dinámica queda también reflejada en los escasos efectos agregados de la alta velocidad sobre el empleo. Así, Haynes (1997) y Koning, Blanquart y Delaplace (2013) observan que la alta velocidad no aumenta el empleo global

y en todo caso, redistribuye el empleo hacia los centros de actividad más grandes.

En un análisis por sectores, solo en algunas áreas donde el sector servicios, y de forma especial el turismo, es ampliamente predominante en su estructura económica se observan ciertos efectos de crecimiento de la actividad tras la inauguración de una línea de alta velocidad (Albalate y Bel, 2011). Sin embargo, la evidencia empírica muestra un efecto indiferente de la alta velocidad sobre el crecimiento de las áreas con predominio de las actividades agrícolas e industriales (Sands, 1993; Bonnafous, 1987).

Efectos sobre los aumentos de la población

El efecto sobre el crecimiento de la población también es dispar. Parecen observarse crecimientos poblacionales en aquellas ciudades con estación de alta velocidad, en la medida en que este servicio favorece la movilidad y el desarrollo del *commuting* laboral, desde ciudades más pequeñas a grandes centros de actividad laboral (Haynes, 1997; Givoni, 2006). Sin embargo, también se produce una dualización entre ciudades con estación y «áreas-sombra» que quedan fuera de esta dinámica de movilidad y que pueden ver reducida su población (Gutiérrez Puebla, 2004):

Efectos sobre el sector turístico

La relación existente entre alta velocidad y desarrollo turístico es también singular pues provoca efectos contrapuestos. Por un lado, parece evidente que la mayor movilidad aportada por la alta velocidad aumenta el número de potenciales clientes, pero, por otro lado, parece

observarse una disminución de las pernoctaciones y de la demanda de servicios hoteleros en los destinos dados los ahorros de tiempo que presenta la alta velocidad. De este modo, la influencia sobre el gasto turístico no parece presentar un signo definido (Sánchez-Ollero, 2014).

Los estudios para España muestran que únicamente algunas provincias que ya poseían una actividad turística destacada con anterioridad pueden aprovechar la infraestructura para mejorar ligeramente dicha actividad, como en los casos de Barcelona, Málaga o Alicante (Ortuño *et al.*, 2016). No obstante, Albalate y Bel (2015) señalan que el aumento derivado de la novedad en la fase inicial del servicio, si se produce, disminuye a lo largo del tiempo, provocando que a largo plazo, si permanece algún efecto, este sea marginal. Para el caso de Francia, Bonnafous (1987) y Bazin, Beckerich y Desserte (2013) confirman el efecto indeterminado de mejora de la actividad turística (más viajes pero menos pernoctaciones) y la escasa prolongación de los efectos positivos en el largo plazo.

Efectos sobre el mercado inmobiliario

En cuanto al desarrollo del sector inmobiliario existe evidencia empírica (Willigers, 2006; Greengauge, 2006; Van den Berg y Pol, 1998) que señala cómo el mercado inmobiliario crece en aquellas ciudades donde se establecen estaciones de alta velocidad, en la medida en que se convierten en núcleos más interconectados. Sin embargo, esto suele llevar aparejado también un efecto contagio de incrementos de precios en dichas ciudades.

Efectos sobre la movilidad social

En cuanto a la movilidad social, aunque indudablemente la fórmula de la alta velocidad genera en principio mayores oportunidades para toda la población (facilidades de acceso a centros de estudio, oportunidades de empleos, etc.), en la práctica puede habitualmente generar efectos regresivos entre personas (Albalate y Bel, 2011 y 2015). Por un lado, los elevados precios de los billetes de AVE parecen segmentar su uso predominantemente hacia niveles de renta medio-altos (viajes de negocio, turismo,...) dejando fuera a una parte importante de la población. Por otro lado, en algunos territorios la apuesta por potenciar la alta velocidad ha provocado una menor atención a las líneas de tren convencional, que son precisamente las que venían utilizando las familias con menores rentas.

Rentabilidad socioeconómica

Adicionalmente al carácter más o menos difuso de los efectos socioeconómicos positivos de la alta velocidad, el enfoque cambia necesariamente si hablamos de rentabilidad socioeconómica y ponemos en comparación los pretendidos beneficios con los costes. Para que una línea de alta velocidad sea socioeconómicamente rentable se requieren una serie de condiciones como la necesidad de conectar núcleos urbanos de tamaño muy grande (en torno a 15-20 millones de habitantes), o que la distancia entre núcleos sea de tipo intermedio de tal forma que sea más competitiva respecto al coche privado o el avión de corto recorrido.

Según Albalate y Bel (2015), únicamente se ha conseguido

una rentabilidad clara tanto a nivel financiero como social en tres líneas de alta velocidad en todo el mundo: París-Lyon (Francia), Tokio-Osaka (Japón) y Jinan-Qingdao (China). Estas líneas conectan áreas metropolitanas enormes con una alta densidad de población y con distancias eficientes para que la alta velocidad pueda competir con el transporte aéreo y el terrestre. En el resto de las líneas, al menos a nivel europeo, no se observa rentabilidad económica, y los resultados son peores a medida que se analizan líneas con menor demanda.

En el caso español, el desarrollo de corredores de alta velocidad no cumple el requisito de unir núcleos de población densamente poblados para garantizar la rentabilidad económica, aunque sí parece que algunos trayectos presentan una distancia eficiente respecto al modo avión y el modo coche. Además, la propuesta de ampliación de la red de alta velocidad con una extensión capilarizada, uniendo cada vez más ciudades más pequeñas, parece redundar en el mismo problema de no contar con una demanda mínima de población necesaria para garantizar la rentabilidad.

2. Efectos territoriales

Efectos sobre la equidad y cohesión territorial

Un argumento habitual utilizado para defender la inversión en líneas de alta velocidad es que su desarrollo tiene efectos positivos sobre la equidad y la cohesión territorial. Ese ha sido el argumento protagonista en el caso de España donde esta motivación ha estado siempre por delante de otros argumentos,

como la solución de problemas de congestión o a la comunicación de áreas de mayor desarrollo económico con sus centros de distribución.

Sin embargo, las ventajas de equidad y cohesión territorial no están del todo claras. Tal como señalan Albalate y Bel (2015) el aumento de movilidad que genera la alta velocidad no garantiza siempre que se produzca mayor desarrollo en las regiones a priori menos desarrolladas que participan en el corredor. Más que favorecer el desarrollo y la equidad territorial, se produce un «efecto drenaje» de las potencialidades económicas desde las regiones menos desarrolladas hacia las grandes aglomeraciones demográficas y de actividad económica, incentivando procesos de competencia regional más que de equidad territorial, sobre todo con relación a las actividades del sector servicios. Arduin (1991) en su estudio para la alta velocidad francesa observa cómo tras la inauguración de la línea Rhône-Alpes (Lyon-Valence), los desplazamientos en sentido sur hacia Valence aumentaron un 52 por 100, mientras que a la inversa el porcentaje se elevó hasta el 144 por 100.

Los corredores de alta velocidad provocan un «efecto polarización» de la accesibilidad generando islas de mayor accesibilidad (ciudades con estación conectadas con la red), rodeadas de «áreas sombra» que quedan apartadas de la red (Serrano y García, 2010). Pueden existir zonas que pierdan accesibilidad por la necesidad de acudir a otros modos de transporte ya sea por no existir acceso a la nueva red debido a la falta de capilaridad de esta o porque el servicio de ferrocarril convencio-

nal haya empeorado o se haya suprimido. Para posibilitar la difusión territorial de sus ventajas, el tren de alta velocidad necesita de otros modos de transporte para avanzar en la cohesión territorial, puesto que su grado de cobertura es limitado (Preston, 2009).

En el caso español algunos autores señalan la existencia de mejoras de cohesión territorial e incluso algunos como Dupuy, Auphan y Walrave (2008) señalan que la alta velocidad continúa experimentando un progresivo proceso de regionalización que fomenta la equidad y cohesión territorial, en base a la inclusión de un mayor número de paradas intermedias. Queda así una puerta abierta al desarrollo de ciudades intermedias, con un tamaño en torno a los 500.000 habitantes y con influencia en un territorio inmediato.

Por otro lado, otros autores (Albalate y Bel, 2015) muestran evidencias del «efecto drenaje» de la actividad económica en favor de las regiones más desarrolladas. Así, es paradigmático el caso de Madrid que muestra acumulaciones exponenciales de la concentración de actividades, especialmente en el sector servicios, respecto a otras áreas conectadas con la región a través de la alta velocidad.

Por último, es necesario destacar que el tren de alta velocidad no puede actuar como agente vertebrador a todas las escalas y en todos los territorios. Es necesario singularizar y estudiar individualmente cada caso para determinar sus potencialidades y efectos. Para que la alta velocidad se convierta en un potente instrumento de dinamización socioeconómica, más allá

de la pura transformación urbanística, resulta necesario que su articulación sea coherente con las políticas y figuras de planificación vigentes a nivel local (Bellet y Gutiérrez, 2011).

Efectos sobre las ciudades

El desarrollo de líneas de alta velocidad que afecta a las ciudades supone importantes procesos de transformación urbana en las mismas y genera importantes efectos territoriales sobre su diseño y planeamiento.

Un primer efecto es la externalidad de «regeneración urbana». En muchas ocasiones, a la hora de integrar el tren de alta velocidad en la ciudad, no se ha optado por soluciones de transformación urbana «blandas» sino maximalistas, de tal forma que se aprovecha su llegada para realizar actuaciones a gran escala que conllevan importantes procesos de regeneración urbana que afectan a importantes áreas urbanas y que llevan acompañadas importantes externalidades de desarrollos inmobiliarios, comerciales y económicos adicionales (Coronado Tordesillas et al., 2006).

Un problema habitual es el denominado «efecto barrera», consecuencia principal de la instalación de estructuras lineales que provocan la división del espacio: a nivel urbano genera discontinuidades en su tejido, que pueden paliarse mediante la construcción de pasos elevados y subterráneos o bien soterrando la infraestructura.

Por otro lado, se producen transformaciones en el entorno de las estaciones dependiendo de su posición más o menos central y de la cantidad de suelo vacante en el entorno de la esta-

ción. Lo habitual es que los grandes centros urbanos aparezcan como los principales beneficiarios de este nuevo orden espacial (Gutiérrez Puebla, 2004).

3. Efectos medioambientales

El ferrocarril presenta resultados más favorables por viajero que otros modos respecto al volumen de emisiones, la contaminación acústica, la siniestralidad y el conjunto de costes externos en general. Aparte de las emisiones y el consumo, debe señalarse la importancia de otros factores como el impacto visual o el consumo de superficie de suelo, que en el ferrocarril de alta velocidad presentan valores comparativamente superiores a los del ferrocarril convencional.

Diferentes estudios destacan los resultados positivos, en términos de reducción de emisiones de CO₂ y de impacto medioambiental, que supone la sustitución del transporte en alta velocidad respecto a otros modos de transporte. Sin ánimo exhaustivo, en el ámbito europeo, Givoni (2007) destaca las ventajas de reducción de emisiones en la sustitución del viaje en avión frente a la alta velocidad para el trayecto Londres-París. Miyoshi y Givoni (2013) muestran resultados similares para el corredor Londres-Manchester; Von Rozycki, Koeser y Schwarz (2003) encuentran efectos positivos para la ruta Hannover-Würzburg, aunque de menor intensidad si se tienen en cuenta no solo los costes medioambientales operativos, sino los de construcción y mantenimiento de infraestructuras. D'Alfonso, Jiang y Bracaglia (2016) destacan potenciales ventajas de reducción de emisiones con la alta velocidad aunque matizadas por el *mix* de fuentes de energía que se utilice en cada país para la misma.

Existen trabajos (CfIT, 2001; Janic, 2003) que encuentran ventajas en la sustitución del transporte aéreo por la alta velocidad comparando los efectos medioambientales de ambos modos desde una perspectiva más amplia que incluye no solo el consumo energético y la contaminación aérea, sino también otras externalidades como la contaminación acústica, los efectos de uso de suelo, la seguridad y la congestión.

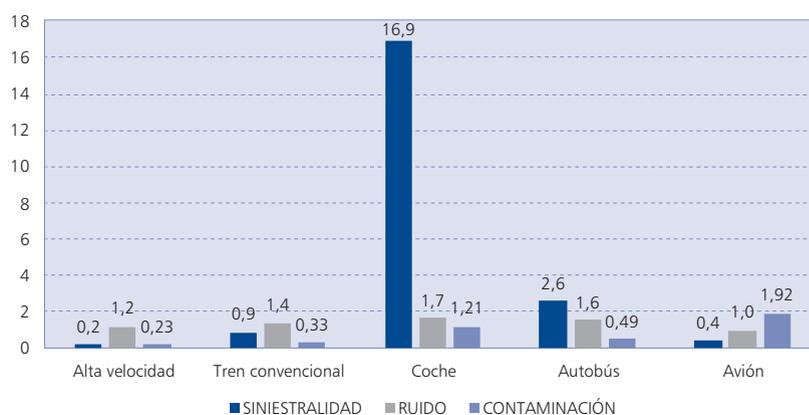
Para el caso español, Albalade y Bel (2011) señalan que el balance energético de la alta velocidad depende particularmente del origen del tráfico. Mientras que la atracción de usuarios del transporte aéreo implica mayor eficiencia energética, si la procedencia es la carretera o el ferrocarril convencional, así como aquellos nuevos usuarios, el resultado puede ser

opuesto. Zanin, Herranz y Ladousse (2012) encuentran ventajas medioambientales en la construcción de una estación intermodal aeropuerto-alta velocidad en Barajas en la medida que genera mayores usos de la alta velocidad y menos del coche. González-González, Marsden y Smith (2010), aun reconociendo las ventajas medioambientales de la alta velocidad y su relevancia para la aceptación de proyectos en algunas líneas españolas, señalan también que otras inversiones alternativas de transporte podrían haber conseguido ahorros medioambientales y mejores retornos de la inversión económica.

Como resumen a los efectos comparados de cada modo de transporte sobre la seguridad de los viajeros (siniestralidad) y sobre el medioambiente (ruido y contaminación) se muestra el gráfico 4.

GRÁFICO 4

EFFECTOS EXTERNOS DE LOS DIFERENTES MODOS DE TRANSPORTE



Notas: (1) Todas las variables están medidas como cociente por pasajero transportado unitario para posibilitar su comparación entre modos. (2) La siniestralidad contemplada es la causada por cualquier tipo de incidencia, ya sea grave, leve, o muy grave y viene medida por la ratio entre el número de siniestros y el total de viajes realizados en cada modo. (3) El ruido se mide como el cociente entre el nivel de ruido de cada modo (niveles medios máximos) y el nivel permitido de ruido (65 dB). Para el avión se ha tomado el valor del índice a 100 metros de altura. Este coeficiente alcanza un valor de 3,4 en pista de despegue. (4) Los índices de contaminación están expresados en gCO₂/km y divididos por 100.

Fuentes: Elaboración propia a partir de datos de Fundación Mapfre, DGT y OCDE.

VII. CONCLUSIONES

La red ferroviaria de alta velocidad en España es actualmente la más extensa de Europa (aproximadamente 3.400 km), por encima de las de Francia (2.800 km), Alemania (1.650 km) e Italia (950 km), habiendo realizado en los últimos años un esfuerzo inversor muy superior al de sus países vecinos. Esta inversión no parece estar plenamente justificada, debido al bajo grado de utilización efectiva de la infraestructura por los usuarios y a su escasa rentabilidad económica.

La decisión de potenciar el modelo de alta velocidad, dentro del modo ferrocarril, aun considerando que se trataba de una tecnología sustancialmente más costosa, puede explicarse por haberse tomado en el contexto de un ciclo expansivo de la economía española (1995-2008), y con una amplia disponibilidad de fondos europeos que cofinanciaron hasta un 25 por 100 del total de inversiones. Pero a futuro, y en épocas de mayores restricciones presupuestarias, este diseño puede suponer una excesiva carga en términos de costes de mantenimiento de la infraestructura y adquisición de material móvil. Por otra parte, las inversiones han supuesto un elevado volumen de endeudamiento de Adif, que deberá ser afrontado en el futuro con los cánones por el uso de la infraestructura y/o con aportaciones de los Presupuestos del Estado, por lo que recaerá en parte sobre los usuarios de la alta velocidad y, en su caso, sobre los contribuyentes.

El diseño de la red de alta velocidad en España se caracteriza por beneficiar a grandes núcleos urbanos, por el diseño de líneas

con pocas paradas y con una tendencia a expandirse por todo el territorio. Este modelo incrementalista se explica por razones de economía política, en las que la dialéctica Gobierno central-Gobiernos regionales ha venido desembocando en una política generalizada de aceptación de demandas regionales y continua suma de líneas adicionales en la planificación. En el caso francés, en sus inicios comenzó también con una planificación estratégica desmesurada, pero a mediados de los años noventa, con el informe *Rouvillos*, se introdujo mayor racionalidad económica en los criterios de selección de los proyectos y se ralentizó el ritmo inversor.

La experiencia en Italia y Alemania ha sido diferente, ya que se ha dado prioridad a la modernización de tramos de vías convencionales para su incorporación a la red de alta velocidad. Los trenes de alta velocidad en estos dos países alcanzan, en general, menores velocidades medias comerciales, pero permiten una mayor demanda efectiva, pues se ha potenciado la accesibilidad a la red de núcleos de población de tamaño mediano aumentando el número medio de paradas en cada línea.

Los estudios empíricos que analizan los efectos de la alta velocidad sobre el crecimiento económico, la cohesión territorial y el incremento de población no respaldan, en general, las positivas expectativas generadas *a priori*. Los impactos sobre crecimiento económico son escasos y, más bien, se observan efectos de distribución interregional, con traslado de actividades de unas áreas a otras. Adicionalmente, no se observan mejoras relevantes de cohesión territorial, pues

el desplazamiento de actividades producido suele beneficiar a las áreas más dinámicas en detrimento de las regiones que parten de una situación menos desarrollada. Los efectos sobre el crecimiento de la población tampoco son positivos a nivel agregado y se observa un efecto de polarización entre las áreas y ciudades que quedan integradas dentro de la red de alta velocidad y las «áreas sombra» que quedan fuera de esta dinámica de movilidad, que ven reducida su población.

Los análisis sobre los efectos medioambientales muestran, en general, resultados positivos cuando se compara este modo de transporte con otras alternativas. En la comparación con el avión se observan ventajas de consumo energético y de contaminación, mientras que frente al vehículo privado se observan ventajas de siniestralidad y de contaminación acústica. No obstante, aun reconociendo estas ventajas de la alta velocidad, algunos estudios señalan también que otras inversiones alternativas de transporte ferroviario podrían haber conseguido mejoras medioambientales compatibles con mejores retornos de la inversión económica.

La política de introducción de la alta velocidad en España muestra importantes lagunas en el ámbito de la evaluación. Respecto a la evaluación *ex ante* no se han realizado de forma rigurosa los análisis coste-beneficio de los proyectos acometidos y se observa una tendencia recurrente a la sobrestimación de los niveles de demanda potencial y la infravaloración de costes. Por otro lado, también ha faltado realizar una rigurosa evaluación *ex post* de las inversiones acometidas.

A la vista de que en la planificación estratégica para el ferrocarril en España aún hay bastantes proyectos en fase de estudio, resultaría recomendable que nuestro país acometiese una racionalización de sus inversiones ferroviarias en los próximos 15-20 años. Un mayor desarrollo del ferrocarril convencional de media distancia, que permitiese alcanzar velocidades medias competitivas y menores tiempos de viaje en rutas no principales, sería probablemente una apuesta estratégica mucho más interesante para España que dar continuidad durante los próximos años a las ampliaciones previstas en la red de alta velocidad.

BIBLIOGRAFÍA

- ADIF (2020). *Infraestructuras y estaciones: Fondos Europeos período 2014-2020*. Disponible en: http://www.adifaltavelocidad.es/es_ES/infraestructuras/actuaciones_2020/actuaciones_2020.shtml
- AIREF (2020). *Evaluación del gasto público 2019: Infraestructuras de Transporte*. Autoridad Independiente de Responsabilidad Fiscal, Madrid.
- ALBALATE, D. y BEL, G. (2011). Cuando la economía no importa: auge y esplendor de la alta velocidad en España. *Revista de Economía Aplicada*, 55(19), pp. 171-190.
- ALBALATE, D. y BEL, G. (2015). La experiencia internacional en alta velocidad ferroviaria. *FEDEA, Documento de Trabajo*, 2015-02. Madrid: Fundación de Estudios de Economía Aplicada.
- ARDUIN, J. P. (1991). Las líneas de alta velocidad y el acondicionamiento del territorio. *Obras Públicas*, 22, pp. 22-23.
- BAZIN, S., BECKERICH, C. y DESSERTÉ M. D. (2013). TGV et villes petites et moyennes. Une illustration par le cas du tourisme à Arras, Auray, Charleville-Mézières et Saverne. *Les*

Cahiers Scientifiques du Transport. AFITL, 63, pp. 33-61.

- BECK, A. (2011). Barriers to entry in rail passenger services: empirical evidences for tendering procedures in Germany. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 11(1), pp. 20-41.
- BELLET, C. y GUTIÉRREZ, A. (2011). Ciudad y ferrocarril en la España del siglo XXI. La integración de la alta velocidad ferroviaria en el medio urbano. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 55, pp. 251-279.
- BLUM, U., HAYNES, K. y KARLSSON, C. (1997). The Regional and Urban Effects of High-Speed Trains. *Annals of Regional Science*, 31(1), pp. 1-20.
- BONNAFOUS, A. (1987). The regional impact of the TGV. *Transportation*, 14, pp. 127-137.
- CAMPOS, J., DE RUS, G. y BARRÓN, I. (2012). El transporte ferroviario de alta velocidad: una visión económica. *Documentos de Trabajo* (10), 2.ª edición. Fundación BBVA.
- CASTILLO-MANZANO, J. I., POZO-BARAJAS, R. y TRAPER, J. R. (2015). Measuring the substitution effects between high speed rail and air transport in Spain. *Journal of Transport Geography*, 43, pp. 59-65.
- CATALANI, M. (2006). The Impact of the High Speed System on the Naples-Rome Railway Link. Paper presented on the *European Transport Conference*, September 18-20.
- CFIT (2001). *European Best Practice in Delivering Integrated Transport: Key Findings*. London: Commission for Integrated Transport.
- CORONADO TORDESILLAS, J. M., GARMENDIA ANTÍN, M., PILLET CAPDEPÓN, F., SERRANO DE LA FUENTE, R. y UREÑA FRANCÉS, J. M. (2006). Análisis de las consecuencias territoriales del AVE en ciudades pequeñas: Ciudad Real y Puertollano. *Estudios Geográficos*, 67(260), pp. 199-229.
- CROCCOLO, F. y VIOLI, A. (2013). New entry in the Italian high speed rail market. *Discussion Paper*, 29. OECD, International Transport Forum, 16.

D'ALFONSO, T., JIANG, C. y BRACAGLIA, V. (2016). Air transport and high-speed rail competition: Environmental implications and mitigation strategies. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 92, pp. 261-276.

DE RUS, G. y NOMBELA, G. (2007). Is Investment in High Speed Rail Socially Profitable? *Journal of Transport Economics and Policy*, 41(1), pp. 3-23.

DESMARIS, C. (2016). High Speed Rail Competition in Italy: A Major Railway Reform with a 'Win-Win Game'? *International Transport Forum Discussion Papers*, n.º 2016/11. París: OECD Publishing.

DUNN, J. y PERL, A. (1994). Policy Networks and Industrial Revitalization: High Speed Rail Initiatives in France and Germany. *Journal of Public Policy*, 14(3), pp. 311-343.

DUPUY, G., AUPHAN, E. y WALRAVE, M. (2008). Territoires et grandes vitesses en Europe. *Révue d'histoire des chemins de Fer*, 39, pp. 127-137.

FINGER, M. y MONTERO, J. (2020). *Handbook on Railway Regulation Concepts and Practice*. Cheltenham (UK): Edward Elgar Publishing,

GIVONI, M. (2006). Development and impact of the modern High-Speed Train: a review. *Transport Reviews*, 26(5), pp. 593-611.

GONZÁLEZ-GONZÁLEZ, E., MARSDEN, G. y SMITH, A. (2010). How important are environmental factors in the case for high speed rail? A comparison of the United Kingdom and Spain. *Proceedings of the 12th World Conference on Transport Research*, Lisbon, Portugal.

GREENGAUGE (2006). *High Speed Trains and the Development and Regeneration of Cities*. Disponible en: <http://www.greengauge21.net>

GUTIÉRREZ PUEBLA, J. (2004). El tren de alta velocidad y sus efectos espaciales. *Investigaciones Regionales*, 5, pp. 199-221.

HAYNES, K. (1997). Labor markets and regional transportation improvements: the case of high-

<p>speed trains. An introduction and review. <i>The Annals of Regional Science</i>, 31, pp. 57-76.</p> <p>HUNOLD, M. y WOLF, C. (2012). Competitive procurement design: Evidence from regional passenger railway services in Germany. Trabajo presentado en <i>Kuhmo Nectar Conference on Transport Economics</i>. Berlín.</p> <p>JANIC, M. (2003). Large Scale Disruption of An Airline Network: A Model for Assessment of the Economic Consequences. <i>81st Transportation Research Board (TRB) Conference</i>. January, Washington DC.</p> <p>KONING, M., BLANQUART, C. y DELAPLACE, M. (2013). Dessertes ferroviaires à grande vitesse et dynamisme économique local: Une analyse économétrique exploratoire sur les unités urbaines françaises. <i>50ème colloque de l'Association des sciences régionales de langue française (ASRDLF)</i>. Mons, julio.</p> <p>LALIVE, R. y SCHMUTZLER, A. (2008). Entry in liberalised railway markets: the German experience. <i>Review of Network Economics</i>, 7, pp. 37-52.</p> <p>LÉRIDA-NAVARRO, C., NOMBELA, G. y TRÁNCHEZ-MARTÍN, J. M. (2019). European railways: liberalization and productive efficiency, <i>Transport Policy</i>, 83, pp. 57-67. doi. org/10.1016/j.tranpol.2019.09.002.</p> <p>LÉRIDA-NAVARRO, C. y NOMBELA, G. (2022). Liberalización de los servicios de alta velocidad ferroviaria en España: el proceso de apertura a la competencia. <i>Estudios de Economía Aplicada</i>, en prensa.</p> <p>LÓPEZ PITA, A. (1996). La elección del trazado de las nuevas líneas de ferrocarril en Europa. La relación Madrid-Barcelona. <i>Revista de Obras Públicas</i>, n.º 3.359, pp 63-83.</p>	<p>NASH, C. (2009). When to Invest in High-Speed Rail Links and networks? <i>Joint Transport Research Centre, Discussion Paper</i>, n.º 2009-16.</p> <p>NIKITINAS, V. y DAILYDKA, S. (2016). The Models of Management of Railway Companies in the European Union: Holding, the German Experience. <i>Procedia Engineering</i>, 134, pp. 80-88.</p> <p>ORTUÑO, A., BAUTISTA, D., FERNÁNDEZ-ARACIL, P., FERNÁNDEZ-MOROTE, G. y SÁNCHEZ-GALIANO, J. C. (2016). High speed rail passenger profile in sun and beach tourism destinations: the case of Alicante (Spain). <i>The Open Transportation Journal</i>, 10 (Suppl-1, M9), pp. 97-107.</p> <p>PRESTON, J. (2009). The case for high-speed rail: a review of recent evidence. <i>RAC Foundation</i>, n.º 09/128.</p> <p>PRESTON, J. y WALL, G. (2008). The ex-ante and ex-post economic and social impacts of the introduction of High Speed Trains in South East England. <i>Planning Practice and Research</i>, 23(3), pp. 403-422.</p> <p>RIBALAYGUA, C. (2005). Alta velocidad ferroviaria y ciudad: estrategias de incorporación de las nuevas estaciones periféricas francesas y españolas. <i>Red de Cuadernos de Investigación Urbanística</i>, 44.</p> <p>SÁNCHEZ-OLLERO, J. L., GARCÍA POZO, A. F. y MARCHANTE MERA, A. J. (2014). Una aproximación al impacto socioeconómico de la alta velocidad ferroviaria en Andalucía. <i>Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles</i>, 64, pp. 341-356.</p> <p>SERRANO, J. M. y GARCÍA, R. (2010). La política de transporte ferroviario en España. Los corredores de alta velocidad: sus potenciales y limitaciones. <i>Scriptanova, Revista</i></p>	<p><i>Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales (Serie Geocrítica)</i>, 331(20).</p> <p>TRIBUNAL DE CUENTAS EUROPEO (2018). <i>Red ferroviaria europea de alta velocidad: no una realidad, sino un sistema fragmentado e ineficaz</i>. Informe Especial. Luxemburgo.</p> <p>UIC (2021). <i>Atlas: High-Speed Rail</i>. París: International Union of Railways.</p> <p>VAN DEN BERG, L. y POL, P. M. J. (1998). The urban implications of the developing European high-speed-train network. <i>Environment and Planning C: Government and Policy</i>, 16, pp. 483-497.</p> <p>VICKERMAN, R. (1997). High-speed rail in Europe: experience and issues for future development. <i>The Annals of Regional Science</i>, 31, pp. 21-38.</p> <p>VICKERMAN, R. (2007). Cost-benefit analysis and large-scale infrastructure projects: state of the art and challenges. <i>Environment and Planning B: Planning and Design</i>, 34(4), pp. 598-610.</p> <p>VON ROZYCKI, C., KOESER, H. y SCHWARZ, H. (2003). Ecology profile of the German high-speed rail passenger transport system, ICE. <i>The International Journal of Life Cycle Assessment</i>, 8, pp. 83-91.</p> <p>WILLIGERS, J. (2006). <i>Impact of high-speed railway accessibility on the location choices of office establishments</i>. [Tesis doctoral]. Utrecht University.</p> <p>ZANIN, M., HERRANZ, R. y LADOUSSE, S. (2012). Environmental benefits of air-rail intermodality: the example of Madrid Barajas. <i>Transportation Research, Part E</i>, 48, pp. 1056-1063.</p> <p>ZEMBRI, P. (2005). El TGV, la red ferroviaria y el territorio en Francia. <i>Ingeniería y Territorio</i>, 70, pp. 12-21.</p>
---	--	--

COLABORACIONES

II.
EL TRANSPORTE TERRESTRE DE PERSONAS

Resumen

Este trabajo lleva a cabo una revisión de la evidencia empírica disponible sobre las características de la demanda de transporte en España. Tras una discusión de aspectos metodológicos y una exposición de las fuentes de información disponibles, se resumen los resultados obtenidos por trabajos académicos publicados en las dos últimas décadas.

Palabras clave: demanda de transporte, modelos econométricos, generación de viajes, elección modal, elasticidades.

Abstract

This paper carries out a revision of the empirical evidence available on the characteristics of transport demand in Spain. After a discussion of methodological aspects and a presentation of the available sources of information, the main results obtained by academic research published in the last two decades are summarised.

Keywords: transport demand, econometric models, trip generation, modal choice, elasticities.

JEL classification: C50, D12, L91, R41.

¿QUÉ MODO DE TRANSPORTE PREFIEREN LOS VIAJEROS? EVIDENCIA EMPÍRICA SOBRE LA DEMANDA DE TRANSPORTE EN ESPAÑA

Javier ASENSIO

Universitat Autònoma de Barcelona

I. INTRODUCCIÓN

EXISTEN pocas dudas sobre la relevancia económica del sector del transporte. Los cambios provocados por la pandemia de la COVID-19 han puesto de manifiesto la dependencia por parte de actividades de todo tipo del buen funcionamiento tanto del transporte de mercancías como del de personas. Pero contar con un sistema de transporte que garantice la movilidad de forma eficiente resulta costoso en varios sentidos. En primer lugar, debido a la necesidad por parte de diversas actividades de transporte de usar infraestructuras de carácter fijo, no es sencillo optimizar la dotación de redes de transporte, más aún cuando estas experimentan una notable variabilidad en su demanda. Ello provoca, además de problemas de financiación, debates relacionados con el nivel deseable de equidad territorial en su provisión. Adicionalmente, prácticamente todos los modos de transporte generan externalidades negativas de uno u otro tipo: desde los impactos ambientales provocados por los motores de combustión interna o los sistemas de propulsión aeronáutica, a la congestión recurrente en entornos urbanos y metropolitanos, o los riesgos de accidente que puedan generarse en cualquiera de ellos. La

internalización de estos efectos externos plantea retos adicionales a las políticas de transporte.

Sin embargo, una cuestión compartida por los problemas de financiación, tarificación o internalización de las externalidades es que el grado de acierto en la implementación de una solución concreta depende en gran medida del comportamiento de la demanda. Por tanto, más allá del debate sobre la deseabilidad de medidas de uno u otro tipo, es necesario conocer de forma precisa los determinantes de las decisiones que toman los usuarios del sistema de transporte y su reacción ante cambios que condicionan su movilidad.

El objetivo de este artículo es proporcionar una visión de conjunto sobre el comportamiento de la demanda de transporte de personas en España. Para ello, tras esta introducción la segunda sección revisa las metodologías empleadas para la estimación de modelos de demanda, seguida de una discusión de las fuentes de información disponibles. La cuarta sección resume los principales resultados publicados en la literatura académica durante las dos últimas décadas. Finalmente, una sección de conclusiones resume los principales resultados.

II. MODELOS EXPLICATIVOS DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE

Si el análisis de la demanda de transporte y de sus determinantes pretende ir más allá de la mera descripción de los flujos observados en distintos contextos, es necesario que se apoye en la estimación empírica de un modelo explicativo de la misma. Únicamente de esta forma resulta posible contrastar hipótesis respecto al papel de distintos factores explicativos de la movilidad y obtener conclusiones que puedan considerarse válidas. El análisis puramente descriptivo, si bien puede resultar de interés cuando se comparan distintos entornos geográficos, o la evolución de uno de ellos a lo largo del tiempo, difícilmente sirve para identificar sus determinantes o resolver el problema que se plantea cuando existen distintas explicaciones alternativas respecto a los factores que dan lugar a los cambios observados.

Los modelos de demanda de transporte consideran hasta cuatro distintas etapas, o decisiones, subyacentes a la realización de un desplazamiento. En primer lugar, la decisión de desplazarse o no da lugar a la etapa de generación del viaje. Posteriormente, se supone que el viajero elige un destino en la etapa de distribución. La tercera etapa constituye la elección del modo de transporte en el que se realiza el viaje, mientras que en la cuarta se asigna el viaje a una ruta específica. En González-Savignat, Matas y Raymond (2010) se revisan con detalle las cuestiones relacionadas con los fundamentos económicos, la metodología econométrica y las características de los datos necesarios para estimar cada una de las etapas

cuando el objetivo del modelo es llevar a cabo una predicción sobre la evolución futura de la demanda de transporte.

Adicionalmente, es importante considerar el motivo por el que se realiza el desplazamiento, dado que los elementos causales pueden ser muy distintos en cada caso. Por ejemplo, tanto el tiempo de viaje como su coste monetario juegan un papel muy distinto en el proceso de elección modal si el viaje se realiza por motivo laboral o si se trata de un desplazamiento vacacional. Por ello, la respuesta de la demanda a un cambio del entorno socioeconómico o de los atributos de cada modo de transporte variará en cada caso. La solución a este problema es permitir que los coeficientes que recogen la influencia de distintos atributos dependan del motivo del viaje, siendo la distinción más relevante la que considera los desplazamientos por movilidad obligada (al lugar de trabajo o al centro de estudios) de forma separada a los de la no obligada, dentro de la cual se incluye un amplio abanico de motivos englobados bajo el término ocio.

En la práctica, rara vez se estiman modelos que consideren conjuntamente todas las etapas mencionadas anteriormente (generación, distribución, elección modal y asignación de ruta). De acuerdo con la práctica habitual de centrar el análisis en cada una de ellas por separado, la exposición de los métodos empleados en cada caso se estructura distinguiendo entre los modelos de generación (que implícitamente incluyen la etapa de distribución, pues acostumbran a referirse a orígenes y destinos predeterminados) y los modelos de elección modal (1). El resu-

men de resultados en la cuarta sección de este trabajo sigue la misma clasificación.

1. Generación de viajes

Un modelo de generación de demanda de transporte trata de responder a la pregunta de qué explica la decisión de desplazarse. El objetivo del modelo empírico es cuantificar la importancia tanto de distintas variables socioeconómicas como de los atributos de los modos de transporte disponibles, entre los que destacan el coste monetario y el tiempo de viaje. Una agregación de ambos conceptos, trasladada a términos monetarios equivalentes y que tiene en cuenta los distintos tipos de tiempos (de acceso, de espera, en el vehículo, etcétera) es la que se engloba bajo el concepto de «coste generalizado».

La especificación de un modelo de generación depende de si se considera o no la conexión que existe entre la demanda de transporte y otras decisiones relacionadas. Así, se puede suponer que un encarecimiento del transporte dará lugar a una menor demanda de movilidad, pero también puede provocar que parte de la población modifique sus decisiones residenciales o de lugar de trabajo, con los consiguientes impactos sobre la demanda. Si el modelo se limita a los cambios que tienen lugar a corto plazo no recogerá estos impactos, dado que estas decisiones requieren un plazo de tiempo relativamente largo para ser llevadas a cabo (2).

La estimación econométrica de modelos de generación de demanda de transporte habitualmente emplea datos agregados, frecuentemente en forma

de series temporales. Debido a ello, además de requerir un tratamiento de su posible relación espuria mediante técnicas de cointegración, las variables del modelo suelen mostrar una relativa estabilidad que dificulta la estimación de los parámetros del modelo. Esta última cuestión puede corregirse incorporando observaciones de sección cruzada, construyendo de esta forma un panel de datos (González-Savignat, Matas y Raymond, 2010).

2. Elección modal

Los modelos de elección analizan los determinantes del proceso mediante el cual el viajero escoge una entre las distintas opciones de su conjunto de elección (en este caso, modos de transporte alternativos que le permitan completar el viaje). Se trata, por tanto, de una elección cualitativa y no cuantitativa, que por ello puede explicarse mediante los llamados modelos de elección discreta. Estos modelos se apoyan en la teoría de la utilidad aleatoria (McFadden, 1973), según la cual la elección de cada alternativa aporta un nivel de utilidad que se supone está compuesto por dos términos: uno sistemático, que recoge el impacto de las variables observables (características socioeconómicas del viajero y atributos de los modos de transporte), y otro aleatorio, en el que se incluye el efecto de todos aquellos factores no observables. La especificación del modelo econométrico resultante dependerá del supuesto que se realice sobre la distribución estadística que sigue el término aleatorio.

La especificación más común en la economía del transporte es la del modelo logit, bi- o multinomial según si la elección tiene

lugar entre dos o más alternativas. Este modelo econométrico se obtiene cuando el término aleatorio sigue una distribución generalizada de valor extremo tipo I (o Gumbel). Suponiendo que el término sistemático de la utilidad tiene un carácter lineal en sus variables X , las probabilidades de elección de cada una de las alternativas en el modelo logit se expresan de la siguiente forma:

$$\text{prob}(y_{ij} = 1) = \frac{e^{\beta X_{ij}}}{\sum_k e^{\beta X_{ik}}} \quad [1]$$

donde $y_{ij}=1$ indica que el individuo i escoge la opción j entre las K alternativas disponibles.

En este caso, las elasticidades de demanda no tienen la interpretación habitual de los modelos de generación (cambio en el número de viajes que se generan cuando se modifica uno de sus determinantes), puesto que se trata de elasticidades de elección modal, que recogen el cambio en la probabilidad de elección de una alternativa cuando se modifican los atributos de alguna de ellas o de las características socioeconómicas del viajero.

La expresión anterior implica que la proporción entre las probabilidades estimadas de elegir entre un par de alternativas únicamente depende de la utilidad de ambas, sin que las características de las demás tengan ninguna influencia. Esta propiedad del modelo logit se conoce como «independencia de alternativas irrelevantes» (IAI), la cual se manifiesta en forma de igualdad de las elasticidades de elección cruzadas respecto a los atributos del resto de modos del conjunto de elección (3). Debido a esta propiedad del modelo logit, las predicciones

basadas en un cambio en los atributos de un modo de transporte mostrarán que las probabilidades de elección del resto de modos se modifican de forma estrictamente proporcional a las cuotas de mercado calculadas inicialmente por el modelo. Claramente, este patrón de sustitución puede no ser realista en contextos en los que determinados modos son sustitutivos más próximos que otros, dado que en esos casos los cambios en la demanda no tienen por qué ser proporcionales.

Existen distintas alternativas al modelo logit que permiten evitar la propiedad IAI. Desde el probit con correlación en las perturbaciones, en el que los términos aleatorios se distribuyen normalmente (lo cual genera dificultades en la estimación cuando el número de alternativas es superior a tres), hasta el logit anidado (donde la especificación del modelo impone una agrupación de las distintas alternativas de forma jerárquica en «nidos» según la supuesta similitud entre sus atributos no observados) o el llamado logit mixto (que considera que los individuos valoran determinados atributos de forma heterogénea, especificándose los parámetros en términos aleatorios) (4).

Cabe indicar que los modelos de generación descritos en el apartado anterior también pueden considerar implícitamente el proceso de elección modal. Ello ocurre cuando la ecuación explicativa de la demanda de transporte de un determinado modo incorpora los atributos de otro que se considera sustitutivo, obteniéndose de esta forma elasticidades cruzadas. Estas elasticidades, no obstante, recogen el cambio en la demanda de viajes provocada tanto por parte de

la población que previamente escogía otro modo como de la que no se desplazaba. En el caso de la elección modal, como ya se ha indicado, las elasticidades deben interpretarse como cambios en la probabilidad de elegir un determinado modo por parte de los individuos que ya han tomado la decisión de desplazarse, de forma que no incluyen los posibles efectos de generación de nueva demanda.

III. FUENTES DE INFORMACIÓN

La estimación econométrica de un modelo de demanda de transporte requiere disponer de información sobre la movilidad. Esta información puede referirse a situaciones observadas en el pasado, en cuyo caso los datos se conocen como resultado de «preferencias reveladas» o ser obtenidos mediante encuestas o experimentos planteados en términos de decisiones de movilidad en distintos escenarios hipotéticos. Los datos obtenidos a partir de esta metodología se engloban bajo el término «preferencias manifestadas» o «declaradas». Si bien podemos considerar que la información observada es más fiable que la que se obtiene a partir de encuestas en la que se plantean escenarios hipotéticos, los datos obtenidos a partir de cuestionarios de preferencias manifestadas cuentan con la importante ventaja de permitir estudiar situaciones distintas a las existentes, y por tanto permiten llevar a cabo predicciones sobre situaciones en las que los atributos de los modos de transporte se modifican sustancialmente o se ofrecen alternativas no disponibles previamente.

La fuente principal de los datos de preferencias reveladas

son las encuestas de movilidad. Aunque en contextos como Inglaterra o los Países Bajos la realización regular de este tipo de operaciones estadísticas con alcance nacional está incorporada a los planes estadísticos, en España los esfuerzos en este sentido han sido muy limitados. Los censos de población cubren parte de estas necesidades, al incluir preguntas sobre el lugar de trabajo o estudio, el modo de transporte y el tiempo empleado en dichos desplazamientos. Hasta el año 2001 el censo proporcionaba una cobertura poblacional, pudiendo disponer de información geográficamente muy detallada. Desde 2011 el censo se ha transformado en una actualización de información administrativa (esencialmente el padrón de población) suplementada con una encuesta en la que se mantiene la recogida de información sobre movilidad. Sin embargo, el grado de cobertura de dicha encuesta se limitó al 9 por 100 de los hogares en los municipios de más de 100.000 habitantes, lo cual provoca problemas de representatividad cuando se pretende trabajar a escala de sección censal. Las prometidas *Encuestas continuas de población*, que deberían complementar anualmente la información censal en distintas dimensiones, podrían haber sido un instrumento para mejorar la información sobre movilidad, pero tras su anuncio inicial (INE, 2013) no parecen haber tenido continuidad. Al parecer, la información que genere del censo de 2021 dependerá aún más de los registros administrativos, puesto que la encuesta complementaria limita su alcance a los municipios de más de 50.000 habitantes y capitales de provincia (INE, 2020).

Lo más parecido a las operaciones estadísticas completas de ámbito nacional son las dos oleadas de la *Encuesta de movilidad de las personas residentes en España* (Movilia) realizadas por el Ministerio de Fomento en los años 2000-2001 y 2006-2007. Se trata de encuestas de gran tamaño (más de 62.000 informantes individuales en 2000 y de 49.000 en 2007), que combinan información socioeconómica y datos sobre movilidad. Sin embargo, las dos versiones cuentan con diferencias metodológicas que dificultan la comparación de resultados (por ejemplo, en 2007 la encuesta no informa sobre la provincia de destino del viaje, lo cual sí se hacía en el 2000). En cualquier caso, el principal inconveniente de esta operación estadística ha sido su falta de continuidad.

Algunas comunidades autónomas y autoridades metropolitanas de transporte han suplido la ausencia de una encuesta nacional mediante la realización de encuestas referidas a su ámbito de actuación. Lógicamente, estos esfuerzos generan problemas de coherencia entre la información generada, pues las definiciones fundamentales asociadas a la movilidad no coinciden en todos los casos (5). En Madrid el Consorcio de Transportes ha realizado la *Encuesta domiciliaria de movilidad* en 2004, 2014 y 2018 (6). En Cataluña, tras la interrupción en 2006 de la *Encuesta de movilidad cotidiana* que tenía periodicidad quinquenal, la Autoridad del Transporte Metropolitano de Barcelona lleva a cabo una encuesta anual de alcance más limitado. La *Encuesta de movilidad del País Vasco* tiene una periodicidad quinquenal desde 2011. Otras encuestas relativamente recientes son las

realizadas por autoridades del transporte en Asturias, Zaragoza, La Coruña o Alicante (Observatorio de la Movilidad Metropolitana, 2021).

La información disponible sobre movilidad ha experimentado un cambio de gran calado gracias a la explotación de los datos originados mediante la identificación de la información de localización de telefonía móvil. Dada la cobertura prácticamente universal de dichos teléfonos, esta estrategia permite registrar prácticamente cualquier desplazamiento y proporcionar un nivel de detalle imposible de imaginar mediante la realización de encuestas. Sin embargo, a pesar de sus evidentes ventajas no parece prudente abandonar las operaciones estadísticas tradicionales y fiarlo todo al recurso a estos datos de forma masiva. Más allá de cuestiones relacionadas con la privacidad individual, el principal inconveniente del uso de esta información para el estudio de los determinantes de la movilidad reside en las dificultades para relacionarlos con las características socioeconómicas de los viajeros, los motivos del viaje o las características de los distintos modos de transporte o su disponibilidad.

A nivel público, la explotación de información de movilidad obtenida a partir de la localización de teléfonos móviles está siendo llevada a cabo de forma paralela por dos organismos. Por un lado, el Instituto Nacional de Estadística, dentro de su programa de estadísticas experimentales, ha realizado distintos proyectos que generan información sobre movilidad de los usuarios de los tres principales operadores de telefonía móvil (7). Los datos disponibles cubren los desplazamientos durante una semana

previa a la pandemia COVID-19 (noviembre de 2019), el estado de alarma (marzo a junio de 2020), el período entre marzo y junio de 2021 y, en un estudio en curso, el conjunto del año 2021. En cada caso, la información difundida se limita a la población identificada como residente en un ámbito geográfico (comunidad autónoma, provincia o área de movilidad) y el porcentaje de dicha población que abandona el ámbito cada veinticuatro horas. Si bien en algunas notas de prensa el INE identifica los destinos de los desplazamientos a escala municipal, dicha información no se difunde de forma generalizada.

Por su parte, el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA) también ha llevado a cabo distintos trabajos de explotación de este tipo de información. En un primer estudio (8) realizado durante dos meses en 2017 el tratamiento posterior de la información permite identificar los distintos modos de transporte empleados en los desplazamientos, generando matrices origen-destino de viajes en vehículo privado, avión, ferrocarril y autobús a escala provincial. Posteriormente, el MITMA ha actualizado dicha información desde febrero de 2020 hasta abril de 2021, difundiendo matrices de movilidad personal entre municipios y distritos municipales (9). Estos trabajos, no obstante, no incluyen el detalle de reparto modal del primer estudio.

Por su parte, diversas empresas del ámbito digital han desarrollado programas de difusión de información sobre movilidad en tiempo real obtenida a partir de la localización de dispositivos móviles con aplicaciones que permiten su geolocalización. Entre ellos, el Community Mobility

Report (10) de Google ofrece índices de movilidad que han sido utilizados como indicador avanzado para la predicción de actividad industrial (Sampi Bravo y Jooste, 2020), mientras que el índice de tráfico elaborado por Tom Tom compara el nivel de congestión a lo largo del tiempo en más de 400 ciudades de todo el mundo (11).

IV. DEMANDA DE TRANSPORTE EN ESPAÑA: EVIDENCIA EMPÍRICA

En esta sección se lleva a cabo una revisión de los resultados de los modelos empíricos que han analizado distintos aspectos de la demanda de transporte en España y han sido publicados en revistas de investigación académica durante las últimas dos décadas (12). En la primera sección se comentan los trabajos que centran su análisis en la generación, para a continuación tratar los que estudian la elección modal.

1. Generación

En el marco de un análisis sobre los efectos de la extensión de la red de alta velocidad ferroviaria, Martín y Nombela (2007) estudian los determinantes de la generación de viajes interprovinciales. Para ello, estiman un modelo gravitatorio tomando como medida de la demanda los desplazamientos de más de 100 km con al menos una noche de pernoctación en destino y cualquier motivo de viaje observados en la encuesta Movilia del año 2000. De esta forma resulta una muestra de 187 pares origen-destino interprovinciales, cuyos costes generalizados se obtienen a partir de otras fuentes. Los

resultados muestran la importancia que tiene la población residente como factor de generación y atracción, así como la fricción que genera la distancia total del viaje: un aumento del 1 por 100 en la distancia del desplazamiento genera una disminución en el número de viajeros del 1,47 por 100.

González y Marrero (2012) centran su análisis en la generación de tráfico privado en un ámbito regional, con el objetivo de distinguir entre la movilidad generada por las mejoras en la capacidad de la red (tráfico inducido) y aquella que se debe a otros motivos. La variable dependiente son los vehículos-km anuales recorridos en cada región (disponibles a partir de las medidas de aforos obtenidas por el MITMA) y el período analizado cubre los años 1998-2006. Si bien el modelo no considera el tráfico interregional de larga distancia, los autores encuentran evidencia de que la expansión de la red contribuye a generar tráfico adicional.

El estudio de la generación de tráfico ha tenido como objeto de atención principal el ámbito de las autopistas de peaje. El debate sobre los distintos modelos de gestión y tarificación de las mismas debe ser informado por la evidencia empírica respecto a la respuesta de la demanda a sus determinantes. Así, Matas y Raymond (2003) estiman un modelo de generación de tráfico en el conjunto de la red de autopistas de peaje. A partir de los promedios anuales de intensidad media diaria (IMD) de todo tipo de vehículos construyen un panel con 72 secciones de autopista observadas durante el período 1981-1998. La especificación del modelo en términos dinámicos permite calcular elasticidades a

corto y a largo plazo. Los resultados muestran que en el largo plazo la demanda es elástica respecto al nivel de actividad económica (aproximado por el PIB), con un valor de 1,41. Respecto al precio de la gasolina los valores obtenidos son -0,34 a corto plazo y -0,53 a largo, mientras que en el caso de la respuesta a los niveles del peaje se observa una elevada heterogeneidad. Para las distintas secciones, las elasticidades oscilan de -0,21 a -0,83 a corto plazo, y de -0,33 a -1,31 a largo. Un análisis sobre los determinantes de estas elasticidades muestra que la demanda es más sensible al valor del peaje cuanto mayor es la calidad de las rutas alternativas (definida en términos de mayor velocidad de circulación o menor presencia de vehículos pesados), así como cuanto menor es su uso por parte de turistas.

Matas, Raymond y Ruiz (2012) actualizan estos resultados extendiendo el período muestral hasta 2008 y obtienen unas elasticidades ligeramente inferiores respecto al PIB (0,75 a corto plazo, 1,24 a largo), pero mayores, en valor absoluto, respecto al precio del carburante (-0,38 a corto plazo, -0,63 a largo). En este trabajo también se lleva a cabo un análisis de los determinantes de la incertidumbre en las predicciones sobre la evolución futura de la demanda, que muestra cómo durante los primeros años dicha incertidumbre es generada principalmente por el propio modelo econométrico (imprecisión de los coeficientes estimados o contribución del propio término estocástico), pero, a medida que avanza el tiempo, la mayor parte de la variabilidad se debe al valor de las variables explicativas en las que se apoya la predicción. La impor-

tancia de los errores en la predicción de demanda en el caso de las autopistas también es puesta de manifiesto por Vassallo y Baeza (2007), quienes observan que la demanda de 14 concesiones de autopistas se sobreestimó en promedio en un 35 por 100 durante sus tres primeros años de operación.

Gómez, Vassallo y Herraiz (2016) también estiman un modelo de demanda de tráfico en autopistas, centrándose en el caso de vehículos ligeros, durante el período entre 1990 y 2011. Los autores comparan los resultados del modelo cuando se emplean distintas medidas para recoger la evolución de la actividad económica (PIB, PIB per cápita o empleo), medidas tanto a escala nacional como provincial. Las elasticidades del tráfico a corto plazo respecto a esas variables oscilan entre 0,45 y 1,18, mientras que respecto a los peajes varían de -0,4 a -0,19. En el caso de los costes de combustible los valores van de -0,37 a un caso extremo de rigidez (-0,01).

Para el caso del transporte aéreo, Gundelfinger-Casar y Coto-Millán (2017) estudian los determinantes de la generación de viajes en las rutas Madrid-Barcelona y Madrid-Valencia mediante datos de series temporales. Los resultados muestran que la demanda de esta última ruta es más elástica respecto al coste (aproximado por el precio del petróleo), lo cual se explicaría por una mayor presencia de viajeros con motivo ocio.

En un contexto urbano, Calvo *et al.* (2019) estudian los determinantes de la generación de viajes en el metro de Madrid. A partir de la agregación de observaciones de la *Encuesta domici-*

liaria de movilidad del año 2004, obtienen medidas de generación de desplazamientos en cada barrio. Entre los resultados destaca el papel que tiene la accesibilidad proporcionada por la red de metro al resto de barrios.

2. Elección modal

a) Entornos interurbanos

En el trabajo ya citado de Martín y Nombela (2007) sobre demanda de transporte interprovincial se estima también un modelo logit multinomial de elección entre cuatro modos de transporte: vehículo privado (cuya cuota de mercado media es del 76 por 100), autobús (10,5 por 100), tren (9 por 100) y avión (4,5 por 100). La variable dependiente de este modelo con datos agregados se define como la proporción de uso de cada modo en los trayectos interprovinciales. Los resultados muestran que una mayor distancia de viaje o la realización del desplazamiento por motivo trabajo aumentan la probabilidad de optar por el avión o el tren. Empleando una submuestra de desplazamientos a entre 300 y 800 km de distancia en los que los cuatro modos considerados están siempre disponibles, los autores observan que la demanda es más elástica respecto al tiempo de viaje en el caso del autobús (-2,9) o del tren (-2,5) que en el del vehículo privado (-1,0) o del avión (-0,5). La mayor elasticidad de la probabilidad de elección del autobús o del tren se debe a que, al tratarse de viajes relativamente largos, los ahorros de tiempo en estos modos son muy valorados por los usuarios. Respecto a los costes monetarios la demanda se muestra rígida en el caso del vehículo privado (-0,6), tren (-0,6) y autobús (-0,5), pero es clara-

mente elástica en el del avión (-2,6). De nuevo, este último resultado se explica por un efecto composición, al ser elevada la presencia de viajeros con motivo ocio en el transporte aéreo tras el proceso de reducción de precios que siguió a su liberalización en los años noventa.

Arbués *et al.* (2016) analizan la elección entre vehículo privado, autobús y ferrocarril en desplazamientos interurbanos de media o larga distancia. Explorando los datos de la encuesta Movilia de 2007, calculan los costes y tiempos de viaje en los distintos modos de transporte en función de la distancia, aplicando costes y velocidades promedio para cada modo, dado que, como ya se ha mencionado en la sección anterior, esta oleada de la encuesta no informa sobre el destino concreto del viaje, sino únicamente sobre su distancia. En la muestra con la que se estima el modelo el vehículo privado tiene un uso predominante (84,8 por 100), seguido del autobús (10 por 100). El tren es empleado únicamente en el 5,2 por 100 de los desplazamientos. Los autores no presentan elasticidades de elección modal, pero sí identifican los atributos socioeconómicos que explican en mayor medida la elección de cada una de las alternativas. Así, un mayor nivel de renta, el género masculino o tener como motivo del viaje el desplazamiento a una segunda residencia favorecen claramente la elección del vehículo privado frente al transporte público. En el caso del autobús se observa una incidencia positiva de la edad, al aumentar su uso entre los mayores de 65 años. Finalmente, entre los factores que aumentan la probabilidad de escoger el ferrocarril figura el tamaño de la ciudad origen del viaje, el motivo

laboral del desplazamiento y las pernoctaciones en destino.

Otro análisis de la demanda de transporte en un contexto interurbano es el realizado por Rojo *et al.* (2012), quienes estiman distintos modelos de elección entre vehículo privado, autobús interurbano y ferrocarril sobre la base de un cuestionario basado en preferencias manifestadas. La mayor parte de los datos se recogieron entre usuarios de la estación de autobuses de Burgos, a los que también se planteó una encuesta de satisfacción sobre el uso del autobús interurbano. Un aspecto relevante que se deriva de este estudio es el carácter cautivo de muchos usuarios del autobús interurbano, el 25 por 100 de los cuales son estudiantes. Si bien el 58 por 100 de los usuarios del autobús posee permiso de conducir, únicamente un 40 por 100 declara que podría haber realizado el viaje en un vehículo particular. Esta dependencia de los usuarios del transporte colectivo por carretera de un único modo lleva a los autores a considerar que «para muchos usuarios, el servicio de autobús ofrece sus viajes en régimen de monopolio». A partir de los coeficientes estimados para el impacto de los costes y los tiempos de viaje es inmediato obtener valoraciones monetarias de los ahorros de tiempo de viaje en los distintos modos. Los resultados muestran una menor disponibilidad a pagar por un ahorro de tiempo de los viajeros en autobús frente a los del vehículo privado o del ferrocarril, lo cual está asociado a los niveles de renta de los usuarios y al motivo de sus viajes. Entre los resultados de las estimaciones destaca la importancia del coste de viaje para explicar la elección del autobús. Sin embargo, esta

variable no resulta tan relevante en las encuestas de satisfacción del usuario. Este hecho pone de manifiesto la importancia de analizar los procesos de elección modal mediante los modelos apropiados para ello. Las valoraciones cualitativas sin referencias objetivas que permitan cuantificar los resultados dependen en gran medida del cuestionario utilizado, además de estar sujetas a más sesgos conductuales que los procesos de elección entre alternativas bien conocidas por el individuo.

El desarrollo de la red del tren de alta velocidad (TAV) ha dado lugar a numerosos estudios que han evaluado su capacidad de atraer a usuarios de otros modos, así como de generar una demanda de transporte adicional.

A partir de un ejercicio de preferencias manifestadas planteado a usuarios del avión en la ruta Madrid-Barcelona realizado en 1997 (mucho antes de la apertura de la línea de alta velocidad ferroviaria entre ambas ciudades) González-Savignat (2004a) obtiene datos para estimar un modelo de elección entre ambos modos. En ese momento, la cuota de mercado del avión en dicha ruta era del 60 por 100, mientras que el servicio de tren por la línea convencional atraía únicamente al 11 por 100 de los usuarios. Sus resultados muestran la esperanza mayor sensibilidad respecto al coste de viaje por parte de los viajeros por motivo ocio, así como una mayor valoración de la frecuencia con la que se preste el servicio o de los tiempos de acceso por parte de quienes se desplazan por motivo laboral. Las elasticidades de la probabilidad de elegir el TAV por parte de los usuarios del avión muestran

valores respecto al coste de -0,6 y -1,3 en función de si el viaje se realiza por motivo laboral u ocio, respectivamente. Esta diferencia es lógica si se tiene en cuenta que el viaje por motivo laboral es asumido por la empresa (salvo en el caso de los trabajadores autónomos, para los que se calcula una elasticidad de -0,8). En el caso de las elasticidades respecto al tiempo de viaje se obtiene el mismo valor (-1,3) independientemente del motivo del viaje, lo cual se explicaría por el hecho de que los viajeros con motivo ocio, si bien deberían mostrar una mayor rigidez respecto al tiempo, suelen viajar en grupo, lo que incrementa su sensibilidad respecto a este parámetro. Los resultados de este modelo apuntan a una elevada sustituibilidad entre ambos modos, por lo que González-Savignat anticipaba un desplazamiento significativo de la demanda hacia el tren de alta velocidad.

Sin embargo, otros trabajos que también analizaron anticipadamente la competencia entre avión y ferrocarril de alta velocidad no preveían una competencia tan intensa. En 2004, cuando la futura línea Madrid-Barcelona únicamente llegaba hasta Lérida, De Rus y Román (2006), Román, Espino y Martín (2010) y Román y Martín (2010, 2011) también estimaron la probabilidad de elección entre avión y ferrocarril de alta velocidad, combinando observaciones de preferencias reveladas con las originadas en un ejercicio de preferencias manifestadas por parte de usuarios de diversos modos. El conjunto de elección considera cuatro alternativas (avión, vehículo privado, tren y autobús), cuyas cuotas de mercado observadas eran del 66 por 100, 12 por 100, 11 por 100 y 8 por 100, respecti-

vamente. El modelo se especifica como un logit anidado en el que se permite correlación entre las alternativas avión y ferrocarril. Para la demanda de ferrocarril de alta velocidad, las elasticidades de elección son -0,72 y -0,38 respecto al propio coste y tiempo de viaje, respectivamente. En el caso de las elasticidades cruzadas respecto a los atributos del avión, el valor cuando varía el coste es 0,7 y cuando lo hace el tiempo de viaje baja a 0,11. Es decir, se trata de una demanda relativamente rígida, tanto en lo que se refiere al impacto de los propios atributos del TAV como a los del avión. Las predicciones sobre el reparto modal en la línea Madrid-Barcelona tras la entrada en servicio del ferrocarril de alta velocidad en todo el trayecto indicaban que el avión retendría a prácticamente el 60 por 100 de sus usuarios. Sin embargo, para obtener valores de las cuotas de mercado observables de cada modo es necesario tener en cuenta el efecto que el TAV pueda tener en términos de generación de nueva demanda. En Román y Martín (2010) se calculaba que, cuando dicha generación supusiese un incremento de la demanda de ferrocarril de un 30 por 100, el reparto de la demanda entre avión y TAV sería del 48 por 100 y 52 por 100, respectivamente. De hecho, tras la apertura de la línea en 2008 el avión mantuvo una cuota próxima al 54 por 100 hasta el año 2011. Sin embargo, su peso descendió al 48 por 100 en 2012, 38 por 100 en 2014 y 37 por 100 en 2016 (13).

Uno de los factores que explica el incremento en la cuota del TAV a costa del avión en las rutas en las que compiten es el cambio en la política tarifaria de Renfe referida a sus servicios

de larga distancia en el año 2013 cuando, además de aplicar una reducción de precios media del 11 por 100, se implementa un sistema de diferenciación de precios en el que la tarifa depende del horario, la tipología del billete, la demanda esperada y el momento de compra. Ortega Hortelano *et al.* (2016) estudian el impacto de estas medidas en la demanda de servicios de larga distancia estimando un modelo de elección entre cuatro modos (tren, avión, vehículo particular y autobús) a partir de datos que combinan preferencias reveladas y manifestadas por parte de una muestra en la que son mayoritarios los usuarios del tren. Se estima una elasticidad de la probabilidad de elección del ferrocarril respecto a su propio coste de -0,6, dentro del rango calculado por Román, Espino y Martín (2010), pero más elástica que el -0,4 obtenido por Martín y Nombela (2007).

Castillo-Manzano, Pozo-Barajas y Trapero (2015) también investigan el grado de sustitución entre avión y TAV, pero en este caso los autores recurren a un modelo de series temporales cuya variable dependiente es el tráfico aéreo originado en Madrid-Barajas con destinos peninsulares. No obstante, dado que para recoger la influencia del ferrocarril no emplean sus atributos, sino la demanda observada en el mismo, los resultados no pueden interpretarse como elasticidades.

Barreira, Reis y Macário (2013) consideran el papel del TAV como sustitutivo del avión en el contexto de una hipotética línea Lisboa-Madrid. En el momento de obtener los datos mediante un cuestionario de preferencias manifestadas, las cuotas de mercado en esta ruta eran del 52

por 100 para el vehículo privado, el 28 por 100 para el avión, el 16 por 100 para el autobús y únicamente un 4 por 100 para el tren. Sus resultados muestran la dependencia de la demanda respecto al precio. Así, el hipotético ferrocarril de alta velocidad no alcanzaría en esta ruta una cuota de mercado superior a una tercera parte del total si el precio del billete superase el ofertado por las aerolíneas de bajo coste. Sin embargo, los autores también observan que una mayor congestión del tráfico aéreo, con los consiguientes impactos en términos de retrasos, favorecería claramente al TAV.

Un aspecto específico de la competencia entre el ferrocarril de alta velocidad y el avión es el papel que juegan los tiempos de acceso a cada modo. Cuando las estaciones de ferrocarril se sitúan en el centro urbano, el TAV cuenta con una ventaja muy relevante frente al avión. Espino y Martín (2007) muestran la importancia de facilitar el acceso al aparcamiento de las estaciones para aumentar el uso del ferrocarril. Pagliara, Vassallo y Román (2012) también analizan cómo influyen las condiciones de accesibilidad en la elección entre estos dos modos. Los resultados obtenidos a partir de un cuestionario de preferencias manifestadas planteado a viajeros habituales de la ruta Madrid-Barcelona muestran la dependencia de la demanda de dos variables definidas de forma dicotómica: la rapidez de los servicios de facturación y control de seguridad en el aeropuerto o la calidad del aparcamiento en la estación de ferrocarril. Las simulaciones que realizan los autores a partir del modelo estimado ponen de manifiesto la importancia específica que los

usuarios del avión otorgan a la rapidez de los controles de seguridad.

En un ejercicio similar al ya citado análisis de la competencia entre TAV y avión, González-Savignat (2004b) también estudia el grado de sustitución entre ferrocarril y vehículo particular en los trayectos Madrid-Barcelona, Madrid-Zaragoza y Zaragoza-Barcelona previamente a la construcción de la línea de alta velocidad. Las elasticidades cruzadas están inversamente relacionadas con la distancia, indicando que la sustitución del coche por el TAV es mayor en los trayectos más largos. En el caso de los viajes con motivo trabajo la demanda de ferrocarril es más sensible al tiempo de viaje que al coste, mientras que en el caso del motivo ocio se obtiene el resultado inverso.

b) Entornos urbanos

Tradicionalmente, el análisis de la elección modal en ámbitos urbanos se ha centrado en la efectividad de medidas que promuevan el uso del transporte público, si bien de forma más reciente también se ha estudiado el uso de modos activos, como la bicicleta. En un contexto de desplazamientos al trabajo desde la periferia al núcleo de la región metropolitana de Barcelona, Asensio (2002) estima un modelo logit anidado de elección entre vehículo privado, tren y autobús, cuyas cuotas de mercado eran del 66 por 100, 22 por 100 y 8 por 100, respectivamente (el resto incluye motocicleta, bicicleta y autobuses de empresa). Los datos provienen de preferencias reveladas, obtenidos de la *Encuesta de movilidad cotidiana* de 1996. Las elasticidades modales calculadas

muestran que para incrementar el uso del transporte público a costa del privado las mejoras en los tiempos de viaje son más importantes que las reducciones de precios. Así, el valor de elasticidad de la demanda del autobús es 0,5 respecto a su tiempo de viaje, pero únicamente 0,2 respecto a su precio. En el ferrocarril, los valores son 0,2 y 0,09, respectivamente. En el caso de las elasticidades cruzadas, los mayores impactos se observan cuando aumenta el tiempo de viaje en coche, pues ello incrementa tanto la probabilidad de optar por el autobús (0,3) como por el tren (0,5). Adicionalmente, los valores de los ahorros de tiempo muestran que el tiempo de espera en transbordos tiene un efecto penalizador sobre la probabilidad de emplear el transporte público siete veces superior al tiempo que se pasa en el interior del vehículo.

Espino, Román y Ortúzar (2006) también estudian la demanda de transporte público en un contexto urbano, al analizar la elección entre vehículo privado y autobús en los accesos a Las Palmas de Gran Canaria. Los datos combinan preferencias reveladas y manifestadas en una muestra en la que el 79 por 100 de los encuestados emplea el vehículo privado, frente al 21 por 100 que utiliza el autobús. Los resultados de estimar distintas especificaciones de un modelo logit binomial permiten calcular rangos de elasticidades de la probabilidad de elección del autobús, los cuales confirman la importancia de los ahorros de tiempo. Así, la elasticidad respecto al coste monetario varía entre -0,03 y -0,4, respecto a los tiempos de viaje se obtienen valores entre -0,3 y -1,3, y en el caso de las frecuencias del servicio, las

cuales se interpretan como la inversa del tiempo medio de espera, las elasticidades se encuentran entre 0,2 y 0,3. Esta rigidez de la demanda pone de manifiesto las dificultades a las que se enfrentan las políticas que tratan de provocar un mayor uso del transporte público únicamente mediante rebajas tarifarias o aumentos de la frecuencia.

García-Martínez *et al.* (2018) estiman el efecto que supone la necesidad de realizar transbordos entre los usuarios del transporte público de Madrid. Empleando una muestra que combina preferencias reveladas y manifestadas por parte de viajeros habituales en autobús o metro para estimar un modelo de elección, muestran que la penalización que supone tener que realizar un transbordo es equivalente a un incremento del tiempo de viaje de entre 15 y 17 minutos, la cual se añade a la desutilidad generada por la necesidad de recorrer distancias a pie o esperar la llegada de segundo modo de transporte. Espino y Román (2020) muestran que la penalización que supone el transbordo depende del motivo del viaje. A partir de datos obtenidos mediante un experimento de preferencias manifestadas en Gran Canaria estiman un modelo de elección entre servicios de autobús con y sin transbordo, concluyendo que para los viajes por motivo laboral el coste del transbordo equivale a entre 2 y 3 minutos de viaje en el vehículo, mientras que en el caso de los desplazamientos no obligados el valor prácticamente se dobla. Estos resultados son de una magnitud muy inferior a los que García-Martínez *et al.* (2018) estiman para el caso de Madrid, indicando la dependencia de algunos resultados del contexto en el que se generan los datos.

El análisis de la demanda de transporte público ha abordado de forma específica el papel de la estructura tarifaria, identificando cuestiones como la integración tarifaria zonal o precios basados en la distancia recorrida. Matas, Raymond y Ruiz (2020) estudian el papel que la estructura tarifaria del transporte público tiene para captar usuarios del transporte privado. Para ello, estiman un modelo probit de elección entre vehículo particular y transporte público con datos de la *Encuesta de movilidad cotidiana* de Barcelona del año 2006. Las elasticidades calculadas muestran el resultado habitual de una mayor sensibilidad de la demanda de transporte público ante cambios en los tiempos de viaje que de las tarifas, principalmente si el viaje se realiza con destino al lugar de trabajo. Por ello, la simulación de los impactos de distintas estructuras tarifarias en el transporte público (ya sea en función de su grado de integración o de la relación con la distancia recorrida) muestra un escaso trasvase modal. Por ejemplo, una zona tarifaria única en el entorno metropolitano de Barcelona, con un precio fijo que no dependiera de la distancia recorrida, generaría ligeros incrementos en la demanda global de transporte público. Sin embargo, el efecto sería muy desigual y dependería del tipo de desplazamiento, primando los recorridos largos frente a los más cortos. Un sistema de precios basado en la distancia también daría lugar a ligeros incrementos de la demanda, pero a costa de una notable caída de los ingresos. Finalmente, la reversión de la integración tarifaria entre distintos modos de transporte puesta en marcha en 2001 aumentaría en un 10 por 100 los ingresos generados en viajes al trabajo, pero a costa de disminuir

el uso del transporte público en más de un 3 por 100 en el cómputo global de desplazamientos.

Gómez *et al.* (2021) estudian los determinantes de la adopción del vehículo de turismo sin conductor (VTC) basado en reserva mediante aplicaciones móviles en la ciudad de Madrid. Observan que la demanda de estos servicios es mayor entre los jóvenes, con mayores niveles de educación y renta, familiarizados con las nuevas tecnologías y con una declarada concienciación medioambiental.

Romero *et al.* (2020) abordan la cuestión de si las medidas restrictivas sobre el uso del vehículo privado en episodios de alta contaminación por dióxido de nitrógeno (NO₂) dan lugar a un trasvase de usuarios al transporte público. Empleando datos sobre aforos y usos del transporte público en dos corredores de acceso a Madrid para estimar un modelo de elección modal, los autores concluyen que el efecto de las restricciones sobre el reparto modal es limitado.

El creciente uso de la bicicleta en ámbitos urbanos también ha dado lugar a investigaciones que tratan de identificar los determinantes de su demanda. Muñoz, Monzón y Lois (2013) estudian el caso de Madrid, centrando su interés en el impacto de las actitudes y variables de carácter psicológico. Como es habitual en el estudio de modos de transporte minoritarios, las muestras deben sobrerrepresentar a los usuarios de estos modos para obtener resultados estadísticamente significativos. En este caso, los usuarios de la bicicleta suponen el 40 por 100 de las observaciones en la muestra cuando su peso en el conjunto de desplazamientos

era, en el momento de realización de la encuesta, del 0,6 por 100. Los autores estiman la probabilidad de emplear la bicicleta en los desplazamientos al lugar de trabajo mediante un modelo logit y concluyen que su uso en estos trayectos está directamente relacionado con la percepción individual de los efectos beneficiosos sobre la salud y de la propia capacidad física. Sin embargo, el modelo no incluye los costes, tiempos o características de otros modos, por lo que no se obtienen elasticidades.

Braun *et al.* (2016) estudian el caso de Barcelona y, nuevamente, deben sobrerrepresentar a los usuarios de la bicicleta, que en este caso no superaban el 1,5 por 100. Los resultados de la estimación de un modelo de elección entre bicicleta y otros modos muestran la importancia de la existencia de carriles reservados, de estaciones del servicio público de bicicletas compartidas «Bicing» o de la topografía del recorrido. El uso de la bicicleta también es mayor entre hombres, individuos de menor edad y aquellos con menor nivel de renta. Sin embargo, la característica socioeconómica con mayor capacidad explicativa es el nivel educativo, con un impacto positivo muy significativo. Adicionalmente, el estudio obtiene evidencia sobre el carácter sustitutivo entre la bicicleta y el transporte público, al estimar una elasticidad negativa de la probabilidad de uso de la bicicleta respecto al número de paradas de transporte público en la proximidad del domicilio.

Molinillo, Ruiz-Montañez y Liébana-Cabanillas (2020) estudian las características socioeconómicas que inciden sobre el uso del servicio de bicicleta

compartida «MálagaBici» en Málaga. Además de observar que la mayoría de usuarios que emplean la bicicleta no combinan el desplazamiento con modos de transporte público, identifican que la demanda depende del lugar de residencia (mayor cuanto más céntrico), el menor tiempo de acceso a la estación y la edad del usuario (mayor uso entre jóvenes).

Finalmente, el único trabajo que parece haber estudiado los determinantes de desplazarse a pie es el de Martín y Páez (2019), quienes con tal fin realizan una encuesta domiciliaria en Vitoria que recoge características socioeconómicas y preferencias reveladas respecto a distintos modos de transporte en un ámbito urbano. El desplazamiento a pie supone el 60,4 por 100 del total. Los resultados del modelo muestran claramente la influencia de la estructura urbana sobre la probabilidad de caminar, mucho más alta en el caso de los barrios del centro que en los de la periferia.

V. CONCLUSIONES

Este trabajo ha llevado a cabo una revisión de la evidencia empírica disponible sobre el comportamiento de la demanda de transporte de personas en España. Tanto a efectos del análisis de la metodología empleada como para ordenar los resultados, resulta conveniente distinguir entre los modelos de generación y los de elección modal. En ambos casos, una importante limitación para poder llevar a cabo investigaciones empíricas es la ausencia de estadísticas detalladas y con continuidad temporal que abarquen el conjunto del país. La difusión de datos basados en la localización

de teléfonos móviles difícilmente podrá suplir la ausencia de encuestas, puesto que dichos datos no ofrecen información socioeconómica relevante.

La revisión de los trabajos académicos publicados en las últimas dos décadas muestra un interés por el análisis de la generación de tráfico en autopistas de peaje y de la elección modal en contextos interurbanos relacionados con el desarrollo del ferrocarril de alta velocidad. En esos casos se identifica un elevado grado de sustitución entre el avión y el ferrocarril, mucho más limitado cuando se trata del vehículo privado o del autobús. En entornos urbanos se observa que la demanda de transporte público es rígida tanto respecto a los costes como a los tiempos de viaje, si bien las elasticidades tienen un mayor valor absoluto en el último caso.

NOTAS

(1) Los modelos empíricos que consideran problemas de asignación (elección de ruta) son más escasos, aunque se han estimado para evaluar el papel de la información recibida por el conductor (ROMERO *et al.*, 2020), el valor de los ahorros de tiempo de viaje (ÁLVAREZ, CANTOS y GARCÍA, 2007) o las decisiones respecto a la hora de salida en situaciones de incertidumbre respecto a la congestión en cada ruta (ASENSIO y MATAS, 2008).

(2) Para un análisis de la relación entre movilidad a escala comarcal y las decisiones residenciales, véase ROMANÍ, SURIÑACH y ARTIS (2003).

(3) El ejemplo tradicional para exponer las implicaciones de la propiedad de independencia de alternativas irrelevantes es el del autobús rojo y azul: supongamos que estimamos un modelo de elección entre el vehículo privado y el autobús, el cual es de color rojo, y obtenemos probabilidades del $\frac{1}{2}$ para cada modo. Si utilizamos este modelo para predecir qué ocurrirá cuando se incluya como alternativa otro autobús, de color azul, obtendremos probabilidades de $\frac{1}{3}$ para cada modo, pues el vehículo privado y el autobús rojo mantendrán su relación 1:1, mientras que la probabilidad de escoger entre ambos autobuses será la misma. Sin

embargo, las probabilidades realistas serían de $\frac{1}{2}$ para el vehículo privado y de $\frac{1}{4}$ para cada uno de los autobuses.

(4) Véase TRAIN (2009) para una exposición completa de las características de los distintos modelos de elección discreta, así como de los métodos para su estimación econométrica, o SMALL y LINDSAY (2021) para una versión simplificada de modelos de demanda de transporte.

(5) En el caso de la movilidad urbana, las diferencias más notables son las que se refieren a la distancia o tiempo mínimos para considerar un desplazamiento, la inclusión o no de los desplazamientos a pie, o el tratamiento de los desplazamientos encadenados de forma secuencial o como uno solo.

(6) Debe destacarse la disponibilidad abierta de todos los datos y la información técnica en: <https://www.crtm.es/conocenos/planificacion-estudios-y-proyectos/encuesta-domiciliaria/edm2018.aspx>

(7) https://www.ine.es/experimental/movilidad/experimental_em.htm [último acceso 9 noviembre 2021]

(8) <https://observatoriotransporte.mitma.gob.es/estudio-experimental> [último acceso 9 noviembre 2021]

(9) <https://www.mitma.gob.es/ministerio/covid-19/evolucion-movilidad-big-data/open-data-movilidad> (último acceso 9 noviembre 2021).

(10) <https://www.google.com/covid19/mobility/> En su web, Google indica que estos datos estarán disponibles públicamente durante un tiempo limitado «mientras las autoridades sanitarias sigan considerándolos útiles para detener la propagación de la COVID-19». (Último acceso 9 noviembre 2021).

(11) https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/ (último acceso 9 noviembre 2021).

(12) Puede consultarse una revisión de los valores obtenidos en el ámbito internacional en DUNKERLEY *et al.* (2021).

(13) Datos de elaboración propia a partir de *Anuario Estadístico de la ciudad de Barcelona* (varios años), disponible en: <https://ajuntament.barcelona.cat/estadistica/castella/Anuaris/index.htm> (último acceso 9 noviembre 2021).

BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ, Ó., CANTOS, P. y GARCÍA, L. (2007). The value of time and transport policies in a parallel road network. *Transport Policy*, 14(5), pp. 366-376.

ARBUÉS, P., BAÑOS, J. F., MAYOR, M. y SUÁREZ, P. (2016). Determinants of ground transport modal choice in long-distance trips in Spain. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 84, pp. 131-143.

ASENSIO, J. (2002). Transport mode choice by commuters to Barcelona's CBD. *Urban Studies*, 39(10), pp. 1881-1895.

ASENSIO, J. y MATAS, A. (2008). Commuters' valuation of travel time variability. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 44(6), pp. 1074-1085.

BARREIRA, Á., REIS, V. y MACÁRIO, R. (2013). Competitiveness of High-Speed Rail: Analysis for Corridor Between Lisbon, Portugal, and Madrid, Spain, Based on Discrete Choice Models. *Transportation Research Record*, 2374(1), pp. 9-16.

BRAUN, L. M., RODRÍGUEZ, D. A., COLE-HUNTER, T., AMBROS, A., DONAIRE-GONZALEZ, D., JERRETT, M., NIEUWENHUIJSEN, M. y DE NAZELLE, A. (2016). Short-term planning and policy interventions to promote cycling in urban centers: Findings from a commute mode choice analysis in Barcelona, Spain. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 89, pp. 164-183.

CALVO, F., EBOLI, L., FORCINITI, C. y MAZZULLA, G. (2019). Factors influencing trip generation on metro system in Madrid (Spain). *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 67, pp. 156-172.

CASTILLO-MANZANO, J. I., POZO-BARAJAS, R. y TRAPER, J. R. (2015). Measuring the substitution effects between high speed rail and air transport in Spain. *Journal of Transport Geography*, 43, pp. 59-65.

DE RUS, G. y ROMÁN, C. (2006). Análisis económico de la línea de alta velocidad Madrid-Barcelona. *Revista de Economía Aplicada*, 14(42), pp. 35-79.

DUNKERLEY, F., ROHR, C. y WARDMAN, M. (2021). Elasticities for travel demand: recent evidence. En

<p>R. VICKERMAN (ed.), <i>International Encyclopedia of Transportation, vol I: Transport Economics</i>, pp. 179-184. Amsterdam: Elsevier.</p> <p>ESPINO, R. y ROMÁN, C. (2020). Valuation of transfer for bus users: The case of Gran Canaria. <i>Transportation Research Part A: Policy and Practice</i>, 137, pp. 131-144.</p> <p>ESPINO, R., ROMÁN, C. y ORTÚZAR, J. D. (2006). Analysing demand for suburban trips: a mixed RP/SP model with latent variables and interaction effects. <i>Transportation</i>, 33(3), pp. 241-261.</p> <p>GARCÍA-MARTÍNEZ, A., CASCAJO, R., JARA-DÍAZ, S. R., CHOWDHURY, S. y MONZÓN, A. (2018). Transfer penalties in multimodal public transport networks. <i>Transportation Research Part A: Policy and Practice</i>, 114, pp. 52-66.</p> <p>GÓMEZ, J., VASSALLO, J. M. y HERRÁIZ, I. (2016). Explaining light vehicle demand evolution in interurban toll roads: a dynamic panel data analysis in Spain. <i>Transportation</i>, 43(4), pp. 677-703.</p> <p>GÓMEZ, J., AGUILERA-GARCÍA, Á., DIAS, F. F., BHAT, C. R. y VASSALLO, J. M. (2021). Adoption and frequency of use of ride-hailing services in a European city: The case of Madrid. <i>Transportation Research Part C: Emerging Technologies</i>, 131, pp. 103-359.</p> <p>GONZÁLEZ, R. M. y MARRERO, G. A. (2012). Induced road traffic in Spanish regions: A dynamic panel data model. <i>Transportation Research Part A: Policy and Practice</i>, 46(3), pp. 435-445.</p> <p>GONZÁLEZ-SAVIGNAT, M. (2004a). Competition in air transport. <i>Journal of Transport Economics and Policy</i>, 38(1), pp. 77-107.</p> <p>GONZÁLEZ-SAVIGNAT, M. (2004b). Will the high-speed train compete against the private vehicle? <i>Transport Reviews</i>, 24(3), pp. 293-316.</p> <p>GONZÁLEZ-SAVIGNAT, M., MATAS, A. y RAYMOND, J. L. (2010). La predicción de la demanda en evaluación de</p>	<p>proyectos. <i>Cuadernos económicos de ICE</i>, 80, pp. 189-211.</p> <p>GUNDELFINGER-CASAR, J. y COTO-MILLÁN, P. (2017). Intermodal competition between high-speed rail and air transport in Spain. <i>Utilities Policy</i>, 47, pp. 12-17.</p> <p>INE (2013). Cifras INE. <i>Boletín Informativo del Instituto Nacional de Estadística</i>, 1/2013.</p> <p>INE (2020). <i>Encuesta de características esenciales de la población y las viviendas (ECEPOV-2021). Proyecto Técnico</i>. Instituto Nacional de Estadística, Subdirección General de Estadísticas Sociodemográficas. Disponible en: https://www.ine.es/censos2021/proyecto_caracteristicas_esenciales.pdf (último acceso 11 noviembre 2021).</p> <p>MARTÍN, B. y PÁEZ, A. (2019). Individual and geographic variations in the propensity to travel by active modes in Vitoria-Gasteiz, Spain. <i>Journal of Transport Geography</i>, 76, pp. 103-113.</p> <p>MARTÍN, J. C. y NOMBELA, G. (2007). Microeconomic impacts of investments in high speed trains in Spain. <i>The Annals of Regional Science</i>, 41(3), pp. 715-733.</p> <p>MATAS, A. y RAYMOND, J. L. (2003). Demand elasticity on tolled motorways. <i>Journal of Transportation and Statistics</i>, 6(2), p. 91.</p> <p>MATAS, A., RAYMOND, J. L. y RUIZ, A. (2012). Traffic forecasts under uncertainty and capacity constraints. <i>Transportation</i>, 39(1), pp.1-17.</p> <p>MATAS, A., RAYMOND, J. L. y RUIZ, A. (2020). Economic and distributional effects of different fare schemes: Evidence from the Metropolitan Region of Barcelona. <i>Transportation Research Part A: Policy and Practice</i>, 138, pp. 1-14.</p> <p>McFADDEN, D. (1973). Conditional logit analysis of qualitative choice behavior. En P. ZAREMBKA (ed.), <i>Frontiers of Econometrics</i>, pp. 105-142. Nueva York: Academic Press.</p>	<p>MOLINILLO, S., RUIZ-MONTÁÑEZ, M. y LIÉBANA-CABANILLAS, F. (2020). User characteristics influencing use of a bicycle-sharing system integrated into an intermodal transport network in Spain. <i>International Journal of Sustainable Transportation</i>, 14(7), pp. 513-524.</p> <p>MUÑOZ, B., MONZÓN, A. y LOIS, D. (2013). Cycling habits and other psychological variables affecting commuting by bicycle in Madrid, Spain. <i>Transportation Research Record</i>, 2382(1), pp. 1-9.</p> <p>OBSERVATORIO DE LA MOVILIDAD METROPOLITANA (2021), <i>Informe OMM 2019 – Avance 2020</i>. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Madrid.</p> <p>ORTEGA HORTELANO, A., GUZMÁN, A. F., PRESTON, J. y VASSALLO, J. M. (2016). Price elasticity of demand on the high-speed rail lines of Spain: Impact of the new pricing scheme. <i>Transportation Research Record</i>, 2597(1), pp. 90-98.</p> <p>PAGLIARA, F., VASSALLO, J. M. y ROMÁN, C. (2012). High-Speed Rail Versus Air Transportation: Case Study of Madrid-Barcelona, Spain. <i>Transportation Research Record</i>, 2289(1), pp. 10-17.</p> <p>ROJO, M., GONZALO-ORDEN, H., DELL’OLIO, L. y IBEAS, Á. (2012). Relationship between service quality and demand for inter-urban buses. <i>Transportation Research Part A: Policy and Practice</i>, 46(10), pp. 1.716-1.729.</p> <p>ROMÁN, C., ESPINO, R. y MARTÍN, J. C. (2010). Analyzing competition between the high speed train and alternative modes. The case of the Madrid-Zaragoza-Barcelona corridor. <i>Journal of Choice Modelling</i>, 3(1), pp. 84-108.</p> <p>ROMÁN, C. y MARTÍN, J. C. (2010). Potential demand for new high speed rail services in high dense air transport corridors. <i>International Journal of Sustainable Development and Planning</i>, 5(2), pp. 114-129.</p> <p>ROMÁN, C. y MARTÍN, J. C. (2011). Special issue on new frontiers in</p>
--	--	--

accessibility modelling: The effect of access time on modal competition for interurban trips: The case of the Madrid-Barcelona corridor in Spain. *Networks and Spatial Economics*, 11(4), pp. 661-675.

ROMANÍ, J., SURIÑACH, J. y ARTÍS, M. (2003). Are commuting and residential mobility decisions simultaneous?: The case of Catalonia, Spain. *Regional Studies*, 37(8), pp. 813-826.

ROMERO, F., GÓMEZ, J., RANGEL, T., JURADO-PIÑA, R. y VASSALLO, J. M. (2020). The

influence of variable message signs on en-route diversion between a toll highway and a free competing alternative. *Transportation*, 47(4), pp. 1665-1687.

SAMPI BRAVO, J. R. E. y JOOSTE, C. (2020). Nowcasting economic activity in times of COVID-19: An approximation from the Google Community Mobility Report. *World Bank Policy Research Working Paper*, n.º 9247.

SMALL, K. y LINDSAY, R. (2021). Demand for passenger transportation. En

R. VICKERMAN (ed.), *International Encyclopedia of Transportation, vol 1: Transport Economics*, pp. 126-133. Amsterdam: Elsevier, Amsterdam.

TRAIN, K. E. (2009). *Discrete choice methods with simulation*. Cambridge University Press, 2ª edición.

VASSALLO, J. M. y BAEZA, M. (2007). Why traffic forecasts in PPP contracts are often overestimated. *EIB University Research Sponsorship Programme*. EIB Luxembourg.

Resumen

En este artículo se analiza la cuota de conductores en España, en la última década, a partir de la información disponible en la DGT (Dirección General de Tráfico) y el INE (Instituto Nacional de Estadística), distinguiendo grupos de población en función de la edad, género y tipo de carnet. El análisis evidencia que la cuota media de conductores ha crecido y también la de los conductores que poseen carnet de coche y de moto. En los jóvenes de 18 a 20 años se estima una cuota muy baja (40 por 100 en hombres; 32,2 por 100 en mujeres) que crece mucho en la siguiente cohorte y llega, por ejemplo, en los hombres mayores de 30 años a superar el 80 por 100. Existe un diferencial de género que presenta forma de «J» en función de la edad: moderado entre los más jóvenes (7,8 puntos porcentuales entre 18 y 20 años), bajo en los adultos de 25 a 49 años y muy alto en el resto (45 puntos porcentuales de 60 a 69 años).

Palabras clave: carnet de conducir, uso del vehículo, moto, movilidad, género, edad.

Abstract

This article analyses the share of drivers in Spain over the last decade based on information available from the DGT (Dirección General de Tráfico) and the INE (Instituto Nacional de Estadística). Population groups are distinguished according to age cohorts, gender and type of licence. The analysis shows that the average share of drivers has increased, as has the share of drivers with car and motorbike licences. A very low share is estimated for the youngest people aged 18 to 20 (40.0 por 100 for men and 32.2 por 100 for women), but it rises quickly in the next cohort (e.g., in men over 30 it exceeds 80 por 100). There is a J-shaped gender differential according to age: moderate among the youngest (7.8 percentage points between 18 and 20), low among adults aged 25 to 49 and very high among the rest (45 percentage points from 60 to 69).

Keywords: driving licence, vehicle use, motorbike, mobility, gender, age.

JEL classification: J11, J16, R11, R41.

POSESIÓN DEL CARNET DE CONDUCIR: FALACIAS Y REALIDADES

María J. MORAL (*)

UNED y FUNCAS

I. INTRODUCCIÓN

EXISTE una idea generalizada de que cada vez hay menos conductores, y la razón fundamental que se esgrime es la presencia de nuevos modelos de movilidad compartida. Sin embargo, existen pocos estudios rigurosos en España que demuestren este fenómeno. Este artículo pretende aportar información provechosa sobre esta cuestión.

En los países donde se cuenta con estadísticas oficiales sobre las características sociodemográficas de los conductores se ha analizado esta cuestión y la conclusión principal a la que se llega es que donde está disminuyendo el censo de conductores lo está haciendo de forma muy lenta. Esto se debe a que son solo los jóvenes quienes están disminuyendo su preferencia por el carnet de conducir. Además, en las últimas investigaciones realizadas que abarcan períodos más amplios y comparan cohortes de edad en décadas diferentes ponen de manifiesto que lo que ocurre es que los jóvenes están retrasando el momento de sacarse el carnet de conducir, pero no existe un rechazo total a tenerlo en algún momento más tardío.

En este artículo se analiza el censo de conductores en España durante la última década a partir de la información disponible en la DGT (Dirección General de

Tráfico). Los datos son agregados, pero permiten analizar la evolución en función del género, la edad y el tipo de carnet. Por tanto, el objetivo aquí se centra en examinar si se han producido cambios de comportamiento en cuanto a sacarse (y renovar) el carnet de conducir y, en caso de detectar alguno, constatar si está relacionado con la implantación de las nuevas formas de movilidad. De hecho, algunas de las nuevas formas de movilidad requieren tener el carnet de conducir como, por ejemplo, el *carsharing*.

Al no contar con microdatos sobre los conductores en España, no es posible identificar relaciones causales que expliquen las preferencias de los conductores frente a aquellos que deciden no tener el carnet de conducir. El interés del artículo se basa en un análisis descriptivo, en profundidad, de la probabilidad de poseer el carnet de coche en la última década cuando se ha vivido un ciclo económico completo y se han desarrollado formas de movilidad alternativas al vehículo privado. Por ello, los resultados obtenidos aportarán guías útiles para el diseño de medidas encaminadas a mejorar la movilidad de las personas de una forma más sostenible y más integradora desde el punto de vista intergeneracional y de género.

El primer resultado que se adelanta aquí es que, durante la

última década, la cuota media de conductores ha crecido. Por tanto, afirmar que el censo de conductores está disminuyendo es una falacia. Todavía no se ha llegado al techo de conductores, por lo que los cambios en la movilidad motorizada, hasta el momento y en términos medios para la población mayor de 18 años, no parecen que sean disruptivos. Si bien hay un segundo resultado que apunta cierto dinamismo en las preferencias de los ciudadanos respecto a la movilidad. Se trata de que cada vez hay más conductores con carnet de conducir coche y también de moto.

El artículo se organiza de la siguiente manera. En la sección segunda se presenta un breve panorama sobre los estudios realizados en países industrializados sobre la tenencia del carnet de conducir. En la tercera sección se examina la evolución temporal del censo de conductores en España. En las secciones cuarta y quinta se analiza el comportamiento de la tenencia del carnet de conducir en función de la cohorte de edad y de género, respectivamente. En la sección sexta se estiman los efectos del ciclo, edad y género condicionados a que se controlan simultáneamente los tres impactos. Finalmente, la séptima sección resume las principales conclusiones.

II. TENDENCIA INTERNACIONAL DE LA POSESIÓN DE PERMISOS DE CONDUCIR

Desde comienzos de siglo se ha encontrado evidencia en algunos países desarrollados de un estancamiento en el uso del vehículo privado que, en ocasiones, ha llegado a ser una disminución. Este fenómeno es lo que se ha denominado el *peak car* y ha

suscitado bastante investigación para dilucidar qué razones están detrás de la consecución del umbral de saturación en el uso del vehículo privado (Goodwin y Van Dender, 2013; Metz, 2013 o Focas y Christidis, 2017).

Las causas identificadas se agrupan en dos grandes categorías. En un primer bloque se incluyen las *causas económicas* que implican que, llegados a un determinado umbral (1), una disminución de la renta disponible o un aumento en el coste de uso del vehículo provocaría una disminución en la preferencia por el automóvil. En algunos países industrializados esto ocurrió con la crisis de 2008: las matriculaciones se hundieron y también se redujo el uso del vehículo privado (bien porque disminuyeron los trayectos, bien porque se sustituyó por transporte público). Sin embargo, es sabido que los precedentes económicos son «cíclicos» y difícilmente pueden explicar la saturación definitiva del uso del vehículo. Es decir, ante mejores condiciones económicas es posible que las familias vuelvan a intensificar el uso del vehículo. Por tanto, las causas económicas no contribuyen, por sí solas, a explicar la permanencia del *peak car* (Bastian, Borjesson y Eliasson, 2016; Wadud y Baierl, 2017).

El segundo bloque de determinantes incluye los cambios de hábitos, así como de preferencias en los ciudadanos. Estas causas sí pueden justificar la existencia de un fenómeno de saturación permanente (De Vosa y Alemib, 2020). En este sentido, una mayor proporción de población viviendo en núcleos urbanos, con un buen transporte público, contribuye a hacer menos necesario el vehículo. Otro cam-

bio relevante puede ser que los ciudadanos comienzan a estar más concienciados por el cambio climático y conocen el impacto del transporte sobre el medio ambiente, aunque no está claro que este sentimiento se traslade hacia un menor uso del vehículo privado. En cualquier caso, la hipótesis con la que se trabaja es que estas transformaciones están más extendidas entre los jóvenes (Line, Chatterjee y Lyons, 2010; y Clark, Chatterjee y Melia, 2016).

Un elemento crucial para entender el uso del automóvil es la tenencia del permiso de conducir un coche, cuestión sobre la que también se encuentran artículos en la literatura especializada. La aproximación metodológica y los resultados de estas investigaciones dependen crucialmente de los datos disponibles. Por una parte, están los estudios que emplean encuestas oficiales representativas de la movilidad de un país (región) con microdatos de individuos sobre sus rasgos socioeconómicos y hábitos de movilidad (si tienen carnet de conducir, qué modo de transporte utilizan, etc.). Así, a través de las preferencias reveladas, se identifican los condicionantes que llevan a sacarse el carnet de conducir en el país o región analizada. Por otra parte, están las investigaciones que utilizan cuestionarios específicos sobre los motivos de los individuos para sacarse (o no) el carnet de conducir; es decir, el estudio se realiza a partir de las preferencias declaradas. La desventaja de este tipo de encuestas es que sus resultados están sesgados a la muestra y no se deben dar conclusiones generales. Por ejemplo, si se emplea información sobre universitarios ya se está sesgando hacia una población con ren-

tas más altas que pueden costear estudios superiores. Por ello, los resultados no se deben interpretar como pautas generales para todo el país (región).

Recientemente, Wu, Le Vineb y Sivakumarb (2021) ofrecen una excelente revisión de las investigaciones que han estudiado los determinantes de la posesión del carnet de conducir en países industrializados. A continuación, se comentan los artículos más recientes y alguno más antiguo por su relevancia.

El panorama de Delbosc y Currie (2013) aglutinan en seis categorías los condicionantes de la tenencia del permiso de conducir: i) el *modo de vida* –fundamentalmente de los jóvenes– asociado con más años estudiando, incorporación más tardía al mercado laboral y retraso en abandonar el hogar de los padres; ii) la *asequibilidad* asociada tanto al coste de adquirir el permiso de conducir como al mantenimiento posterior del vehículo privado; iii) el *lugar de residencia* que mayoritariamente tiende a ser en núcleos urbanos con posibilidad de transporte público alternativo; iv) la *normativa* para obtener el permiso de conducir; v) las *actitudes de los ciudadanos*, entre las que comienza a existir sentimientos encontrados cuando, por ejemplo, se contraponen una mayor conciencia por el cambio climático frente al símbolo de estatus que supone la posesión del automóvil; y vi) la *digitalización de la vida social* (compras *online*, teletrabajo...) que disminuye la necesidad de movilidad. Estos autores, además, recopilan las tendencias mostradas en otros trabajos para 14 países desarrollados entre 1983 y 2010 (dependiendo del país). Sus resultados indican

que en nueve países (Australia, Estados Unidos, Canadá, Japón, Noruega, Suecia, Gran Bretaña, Alemania y Francia) existió una reducción del 1 por 100 anual; aunque en los otros cinco países (España, Finlandia, Israel, Holanda y Suiza) registraron un aumento en la tenencia de permisos de conducir. En concreto, para España, siguiendo a Sivak y Schoettle (2012), observan que la cuota subió bastante en los más jóvenes entre 18 y 24 años, ya que se pasó de un 37 por 100 en 1999 a un 50 por 100 en 2009; mientras que el crecimiento fue leve en los jóvenes entre 25 y 29 pues pasó del 74 por 100 al 75 por 100. Por su parte, Kuhnimhof *et al.* (2012) ofrecen un análisis más homogéneo al comparar muestras procedentes de *Encuestas nacionales de viajes* para Estados Unidos, Japón, Gran Bretaña, Francia, Noruega y Alemania entre 1980 y 2010. Estos autores aprecian que en Francia y Alemania se mantiene la cuota de conductores, si bien retrocede en el resto.

Hjorthol (2016) analiza el comportamiento de los jóvenes (18-24 años) noruegos desde 1985 a 2009 a partir de la *Encuesta nacional de viajes*, comprobando que la tenencia del carnet de conducir disminuyó hasta finales del siglo pasado y desde entonces se ha estancado. Este autor identifica tres causas fundamentales que explican la disminución en la tenencia del carnet en los jóvenes: la mayor proporción que vive en grandes ciudades, que estudia durante más tiempo y que vive más tiempo en el hogar paterno. Similares resultados obtiene Rérat (2021) comparando los datos de las *Encuestas de movilidad y transporte* de Suiza en 2015 y 2000.

Habib (2018) analiza las respuestas de 15.226 universitarios de Toronto (Canadá) e identifica como motivos más influyentes para retrasar la obtención del carnet de conducir vivir con los padres y la accesibilidad al transporte público. Thigpen y Handy (2018) emplean las respuestas de 1.586 estudiantes y personal de la Universidad de California en Davis con edades entre los 18 y los 76 años; y concluyen que los principales condicionantes del retraso en la obtención del carnet entre los jóvenes son el tipo de trayectos realizados y vivir con los padres. Luego ambos trabajos aportan resultados muy similares.

Bayart *et al.* (2020) analizan una muestra representativa de jóvenes entre 18 y 34 años residentes en la ciudad de Lyon (Francia) y, en media, cuentan con 3.934 individuos en 1995, 2006 y 2015. También corroboran que los jóvenes se sacan menos el carnet de conducir por sus nuevos hábitos de residencia (vivir en mayor proporción en el centro de las ciudades y seguir viviendo con los padres). Además, aportan un resultado interesante respecto de las restricciones económicas, ya que identifican que son determinantes para explicar el uso del vehículo privado, pero no tanto para la decisión de sacarse el carnet de conducir. Otro resultado novedoso se aporta en Hopkins, García-Bengoechea y Mandic (2021) donde, a partir de una muestra de 1.240 estudiantes en Dunedin (Nueva Zelanda), comprueban que la gran mayoría están preocupados por el medio ambiente; sin embargo, no tienen intención de dejar de utilizar el vehículo privado.

Este repaso de la literatura pone de manifiesto que el estu-

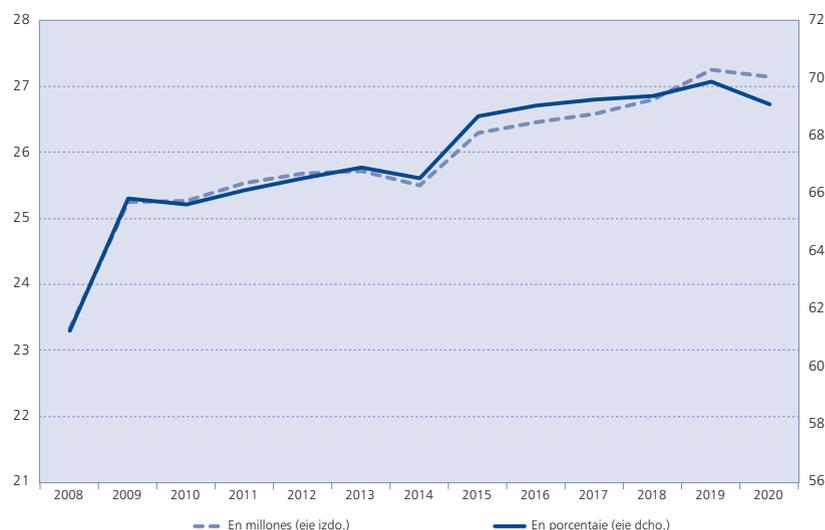
dio de la posesión del permiso de conducir es una cuestión empírica que varía de unos países a otros, pero en líneas generales, los determinantes son comunes. La evidencia avala que los jóvenes están retrasando sacarse el carnet de conducir porque su «ciclo vital» también está cambiando: tardan más en tener un contrato laboral estable (tanto por las condiciones de trabajo como porque estudian durante más tiempo) y en formar una familia. Sin embargo, no se trata de un rechazo permanente a poder conducir. Puesto que los jóvenes cabeza de familia y/o con una situación económica estable presentan un comportamiento similar al observado en las mismas cohortes de edad hace un par de décadas (Delbosc, 2017).

III. EL PERMISO DE CONDUCIR EN ESPAÑA

En esta sección se estudia la propensión a conducir de la población residente en España en la última década. Para ello, se emplea el censo de conductores (2) disponible en la Dirección General de Tráfico (DGT) y la población que ofrece el Instituto Nacional de Estadística (INE). Una cuestión no trivial es tener en cuenta que un conductor puede poseer varios tipos de carnet. Por tanto, se deben considerar todos los conductores que poseen, al menos, el carnet de conducir tipo B (3).

El gráfico 1 muestra la evolución del censo de conductores con carnet tipo B entre 2008 y 2020, tanto en millones de personas como en porcentaje sobre la población mayor de 18 años (4). En primer lugar, existe una elevada correlación entre la evolución en términos absolutos y relativos indicativa de una tran-

GRÁFICO 1
CENSO DE CONDUCTORES CON CARNET TIPO B



Fuente: Elaboración propia a partir de la DGT y el INE.

sición demográfica uniforme. En segundo lugar, destaca un intenso incremento registrado en 2009 lo que resulta paradójico teniendo en cuenta que se inició una fuerte recesión económica. La razón que explica este aumento es un cambio de normativa y no un cambio de preferencias en la población. Antes de 2009, el carnet tipo B tenía validez de diez años hasta los 45 años, luego cinco años hasta los 70 y a partir de esa edad cada dos años; pero desde 2009, la validez de diez años se extendió hasta los 65 años y a partir de esa edad, la renovación es cada cinco años. De manera que, para evitar que el cambio en la normativa afecte al análisis, en el resto del artículo se examinará la cuota de conductores en el período 2010-2020.

Centrando el comentario en la última década, se comprueba que la cuota de conductores en España ha aumentado, incluso

durante la recesión económica. De 2015 a 2019, con el crecimiento general de la economía española, el aumento de la tasa de conductores se intensifica alcanzando el 69,9 por 100 de la población. En 2020, la situación de pandemia provoca una leve caída hasta el 69,1 por 100, pero es claramente superior al 65,6 por 100 de comienzos de década. Es importante poner en valor estas cifras, ya que se calculan sobre el censo total de conductores y no sobre una muestra. Por ejemplo, en 2014 se realizó una encuesta a 1.000 ciudadanos en España dentro de un proyecto europeo (véase Fiorello y Zani, 2015) y la cuota de conductores obtenida ascendía al 87 por 100 (veinte puntos porcentuales más que la real!), lo que muestra los sesgos que pueden presentar las encuestas.

El crecimiento de la cuota media de conductores detectado va en la línea de los resultados

obtenidos en Laborda y Moral (2017) sobre la posesión del vehículo privado en España entre 2009 y 2015. A partir de los microdatos de la *Encuesta de condiciones de vida* que elabora el INE (con representatividad a nivel nacional), estos autores verifican que el porcentaje de hogares que poseen, al menos, un turismo creció ligeramente pasando del 75 por 100 al 76,1 por 100, incluso en un período de recesión (5).

En consecuencia, en España no parece que se haya alcanzado el punto de saturación en la preferencia por conducir un coche. En realidad, este resultado es coherente teniendo en cuenta que la cuota media del 67,9 por 100 en esta década es más baja que la existente en los países que han empezado a reducir dicha cuota. Por ejemplo, en Gran Bretaña que desde comienzos de siglo está disminuyendo esta variable todavía entre 2015 y 2019 el 74 por 100 de la población tenía el carnet de conducir (6).

1. Los conductores prefieren más opciones de movilidad

El aumento de la preferencia por conducir un automóvil puede ser compatible con el desarrollo de formas de movilidad alternativas al coche. Para comprobar si los nuevos modelos de movilidad están influyendo se evalúa si los conductores están sacándose otros permisos de conducir, además del permiso de coche. A este respecto, se debe recordar que, desde 2004, en España con un carnet tipo B con tres años de antigüedad se permite llevar una moto de hasta 125 cc de cilindrada.

El gráfico 2 representa la distribución de la tasa de con-

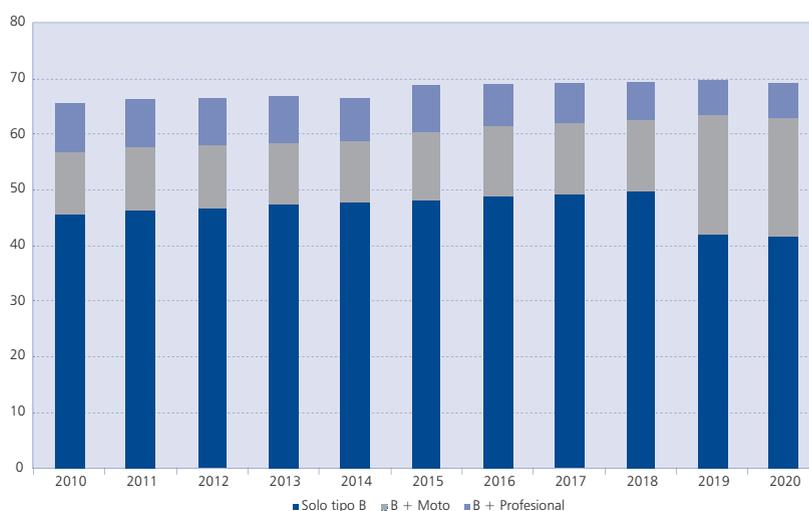
ductores en función de si poseen el carnet tipo B («solo tipo B»), el tipo B más algún otro de moto («B + moto») y, por último, el carnet de camiones o autobuses más el carnet tipo B (y puede que también alguno de moto), en cuyo caso se denomina «B + profesional». Es patente que en 2019 se produce una transformación en el comportamiento de los conductores, con un fuerte incremento de aquellos que, además del carnet de coche, poseen el permiso de moto.

Precisamente, fue en 2019 cuando los servicios de *motosharing* se expandieron de forma masiva por las grandes ciudades españolas (7). Este servicio lo inició la empresa Cooltra en 2016 en Barcelona; y, entre 2017 y 2018 mostró un crecimiento extraordinario situando a España en la primera posición del *ranking* mundial según el *Global Moped Sharing Market Report* (Howe y Jakobsen, 2018) (8). El

gráfico 3 muestra este avance en comparación con los principales mercados europeos (Alemania, Francia e Italia). En estos países el *motosharing* presenta una tendencia creciente, pero en ningún caso el nivel alcanzado en 2020 supera el registrado en España ya en 2017.

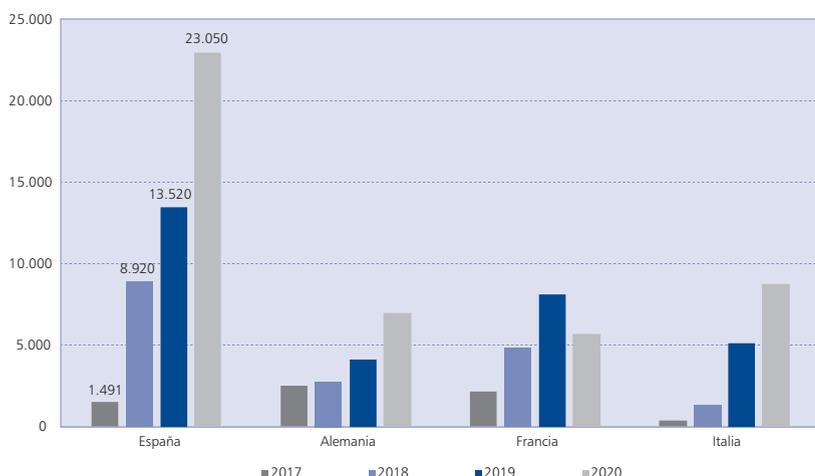
A la vista de la expansión del *motosharing* una cuestión relevante es ¿por qué el incremento se produce en 2019 y no en 2017? Para contestar a esta pregunta es importante tener en cuenta que todas las motos de este servicio de movilidad tienen una potencia inferior a los 125 cc, es decir, con el carnet tipo B con tres años de antigüedad se pueden llevar. Por ello, una posible hipótesis que puede explicar este desfase temporal es que, dado que el permiso de moto A1 –necesario para conducir una moto de menos de 125 cc de cilindrada– se puede obtener a los 16 años, es probable que muchos jóvenes de 16 y 17 años

GRÁFICO 2
CONDUCTORES CON CARNET TIPO B SEGÚN SI POSEEN OTROS PERMISOS
(En porcentaje)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la DGT.

GRÁFICO 3
MOTOS EN MOTOSHARING EN LOS PRINCIPALES MERCADOS EUROPEOS



Fuente: Elaboración propia a partir de Howe y Jakobsen (varios años).

se sacaran el carnet de moto A1 en 2017 y 2018 y obtuvieran el carnet de coche en 2019. Es cierto que, siguiendo esta hipótesis, se debería observar también un repunte en 2020, pero probablemente la pandemia dificultó que estos jóvenes se sacaran el carnet de conducir coche.

IV. PREFERENCIAS SEGÚN LA EDAD

En esta sección se comprueba si los dos resultados obtenidos para la población mayor de 18 años se mantienen en todas las cohortes de edad. Para ello, en primer lugar, se examina la propensión de tener el carnet de conducir condicionada a una edad y, en segundo lugar, se explora la distribución por cohortes de la cuota de conductores con permiso tanto de coche como de moto.

El gráfico 4 muestra la evolución de la cuota de conductores de coches según diferentes cohortes de edad. En el panel A se representan las cohortes de 18

a 20 años, de 21 a 24 años, de 25 a 29 años y de 30 a 39 años. Mientras que el panel B recoge la evolución de las cohortes de 40 a 49 años, de 50 a 59 años, de 60 a 69 años y más de 70 años. Aunque la separación entre paneles pueda parecer que es simplemente por edad, se realizó agrupando las cohortes que, en los últimos cinco años, reducían la tasa de conductores (panel A) frente a los que la aumentaban (panel B). Por tanto, se confirma que existe una tendencia diferente en la preferencia por el carnet de conducir en función en la edad.

Los jóvenes entre 18 y 25 años presentan una menor proporción de conductores y una tendencia descendente, incluso desde el año 2010. Únicamente en 2015 se produjo un ligero repunte quizá motivado por las mejores condiciones económicas, pero incapaz de cambiar esa tendencia decreciente consolidada. En concreto, los más jóvenes (entre 18 y 20 años) exhiben una tasa

anual constante de -3,9 por 100. Así, en 2010, casi la mitad (un 45,6 por 100) se había sacado el carnet de conducir; sin embargo, en 2020, solo uno de cada tres lo tenía (30,7 por 100).

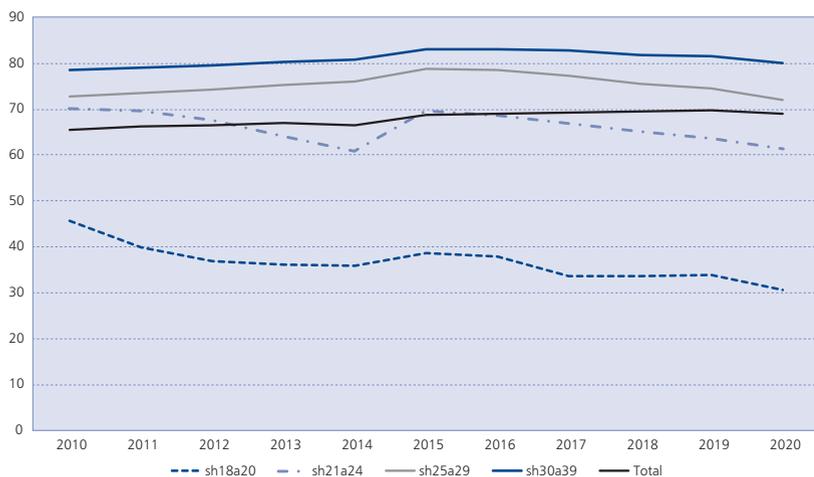
En las cohortes entre 25 y 39 años el patrón seguido por la cuota de conductores es un poco diferente: en el primer quinquenio subió y después fue cuando empezó a caer. Con todo, la cohorte de 25 a 29 años prácticamente no ha modificado su preferencia, y la cohorte de 30 y 39 años muestra una tendencia global creciente (pasa del 78,1 por 100 al 80,1 por 100).

El panel B del gráfico 4 indica que las cohortes con más de 40 años registran tendencias crecientes. En 2020, se producen leves retrocesos que, por lo excepcional del año (debido a la pandemia) y por su reducida magnitud (en promedio, no superan el 0,5 por 100), no permiten afirmar que se trate de un cambio de tendencia.

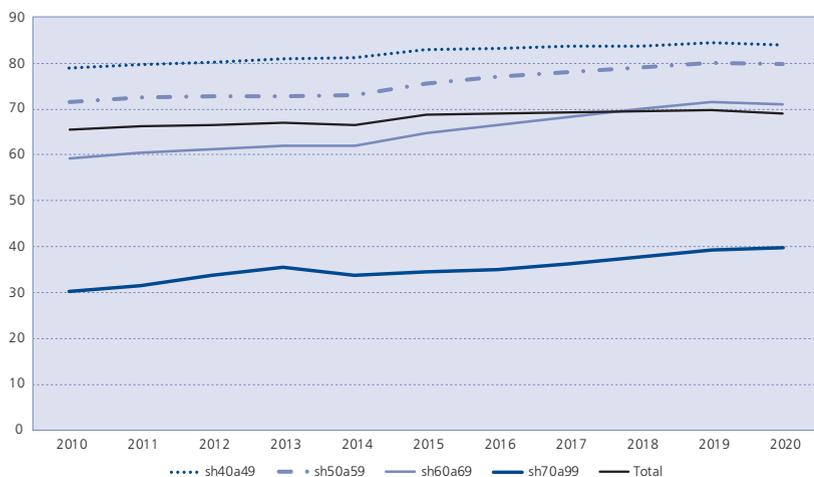
En resumen, los jóvenes muestran una menor preferencia por conducir y, a medida que vayan cumpliendo años, se irá trasladando este efecto al conjunto de la población, pero por el momento, este proceso está siendo muy lento. Este resultado está en línea con el obtenido en Laborda y Moral (2017) que, en 2015, si bien no detectaron que hubiera disminuido la cuota media de hogares que tenían algún automóvil, los hogares cuyo sustentador principal tenía menos de 30 años sí redujeron la tenencia (en 2009, el 72,9 por 100 de estos hogares tenían coche frente a un 71,9 por 100 en 2015, véase el cuadro A.1 del anexo).

GRÁFICO 4
POBLACIÓN CON EL PERMISO DE CONDUCIR TIPO B
(Distribución por edades, en porcentaje*)

A: De 18 a 39 años



B: A partir de 40 años



Nota: *Porcentajes calculados sobre la población total en cada cohorte de edad.

Fuente: Elaboración propia a partir del censo de conductores de la DGT y la población del INE.

los mayores de 30 años desde 2019. Por tanto, también los conductores más maduros están cambiando sus preferencias y están sacándose el carnet de conducir de moto adicionalmente al de coche.

Entonces, ¿cuáles son los motivos que llevan a estos adultos a sacarse también el carnet de moto? Por una parte, para utilizar el *motosharing* en España no les haría falta, pero sí lo necesitan si van al extranjero. Aunque el argumento más probable es que el uso de *motosharing* esté favoreciendo una mayor preferencia por las motos, y para las más potentes sí es preciso el carnet de moto («A2» para cualquier cilindrada, pero una ratio de potencia/peso de hasta 0,2 kw/kg; «A» para cualquier potencia).

Para contrastar estas hipótesis se necesitarían microdatos que no están disponibles, pero sí es factible aportar luz sobre esto con información agregada sobre la evolución de las matriculaciones tanto de las motos de 125 cc a 500 cc como de los automóviles (datos disponibles en la DGT). Este examen pone de manifiesto que las ventas de estas motos son mucho más dinámicas. En 2019, crecieron su matriculación un 13,4 por 100 frente a una caída en los automóviles del 3,5 por 100. En 2020, los efectos de la pandemia han sido implacables para ambos mercados, pero de nuevo las motos han aguantado mejor retrocediendo solo un 14,2 por 100 frente a un 31,7 por 100 de los coches. En consecuencia, estas cifras confirman una mayor preferencia por la moto. La hipótesis más plausible es que los mayores de 40 años estén utilizando la moto como un complemento al vehículo privado. Burge *et al.* (2007),

1. Preferencia por la moto según la edad

En la tercera sección se identificó un aumento en la preferencia por la moto; aquí se analiza este fenómeno distinguiendo según la cohorte de edad.

El cuadro n.º 1 representa la distribución de las cuotas de

conductores con ambos carnets: de coche y moto. El aumento en estos conductores se produce en todas las cohortes de edad, aunque en distintos momentos del tiempo. A medida que vayan cumpliendo años, el aumento entre los más jóvenes se va desplazando hacia las cohortes superiores, pero esto no explica los incrementos registrados en

CUADRO N.º 1

CONDUCTORES CON CARNET DE COCHE Y MOTO POR COHORTES
(En porcentaje sobre la población de cada cohorte*)

AÑO	18 A 20	21 A 24	25-29	30-39	40-49	50-59	60-69
2010	2,1	3,5	5,0	9,4	12,1	13,3	18,2
2011	1,8	3,5	4,9	9,1	12,1	13,4	17,9
2012	1,6	3,4	4,9	8,8	12,3	13,1	16,7
2013	1,6	3,2	5,0	8,6	12,5	12,5	15,6
2014	1,7	3,1	5,1	8,4	12,5	12,1	14,6
2015	5,2	13,0	7,7	9,1	12,9	12,8	15,2
2016	4,8	12,1	9,6	9,3	13,1	13,5	15,7
2017	4,1	9,9	11,8	9,5	13,1	13,9	16,2
2018	4,0	8,4	13,3	9,8	13,2	14,1	16,3
2019	4,0	7,6	16,8	23,9	27,6	24,7	23,4
2020	3,6	6,8	14,3	23,3	27,5	24,8	23,5

Nota: *Porcentajes calculados sobre la población total en cada cohorte de edad. No se representa mayores de 70 años.

Fuente: Elaboración propia a partir del censo de conductores de la DGT y la población del INE.

por ejemplo, muestran que en Gran Bretaña la moto se tiene en propiedad junto con el coche para utilizarla en la ciudad en los trayectos más cortos en los que el ahorro de tiempo es importante.

V. DIFERENCIAS DE GÉNERO

En esta sección se pone el foco de atención en la cuestión de género, con la premisa de que la evidencia en otros países no es concluyente. Baste mencionar que Kuhnimhof *et al.* (2012) encuentran que las cuotas de conductores y conductoras, prácticamente, son iguales en Alemania, Noruega y Estados Unidos (en los años 2008, 2009, 2010, respectivamente), pero aprecian diferencias en Francia, Japón y Gran Bretaña, siendo la cuota de las mujeres 10, 8 y 5 puntos porcentuales, respectivamente, inferior a la de los hombres de su misma edad. Por el contrario, Habib (2018) obtiene que las universitarias en Toronto

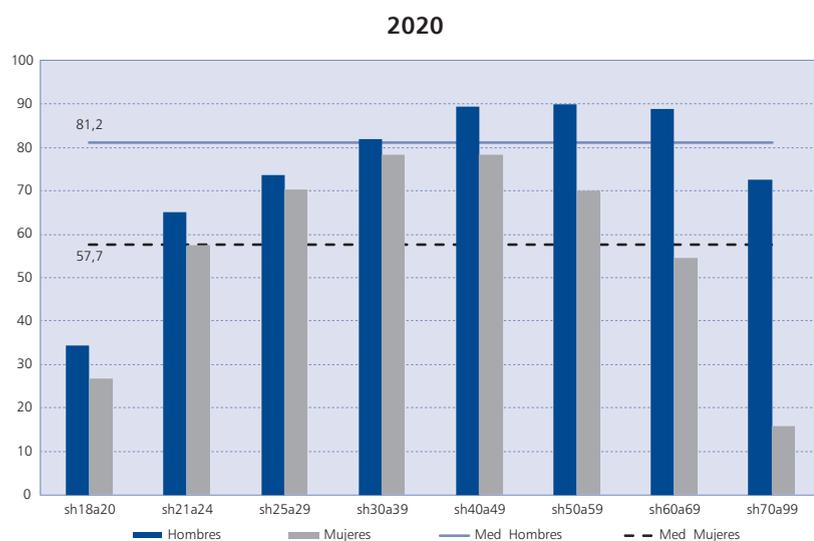
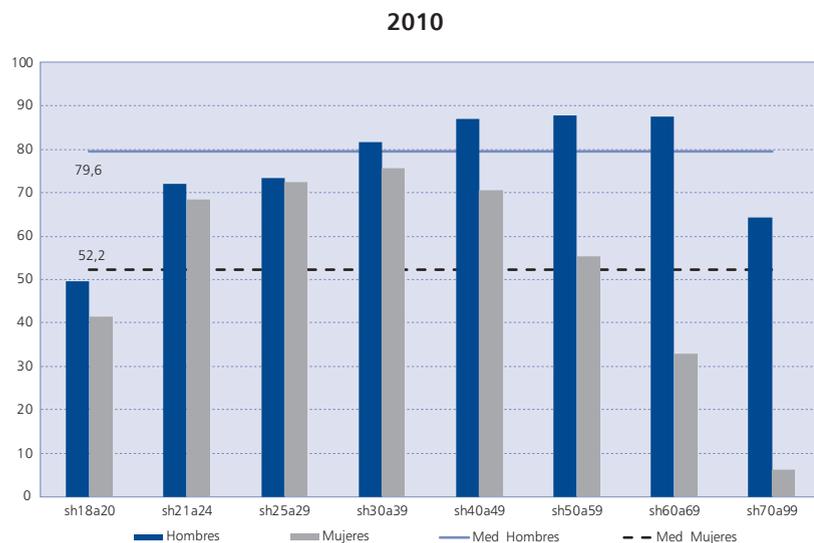
presentan una probabilidad mayor de tener el carnet de conducir que los universitarios.

El gráfico 5 muestra la cuota de conductores y conductoras en función de su edad, así como los valores medios en la década para hombres y mujeres mayores de 18 años. Es claro que existe un diferencial entre la cuota de conductores y conductoras y, además, esta diferencia no ha cambiado en exceso: en 2010, el 79,6 por 100 de los hombres tenían el carnet de conducir frente al 52,2 por 100 de las mujeres; en 2020, cifras se sitúan en el 81,2 por 100 y 57,7 por 100, respectivamente. Luego el diferencial, aunque se ha reducido durante esta década, es muy superior al encontrado en otros países. No obstante, es preciso puntualizar que aquí se está calculando sobre toda la población entre 18 y 99 años, mientras que la mayoría de los estudios citados truncan alrededor de los 75 años.

Las diferencias más grandes se dan entre la generación de *baby boomers*. Entre los nacidos antes de 1950 es fácil de entender las notorias diferencias puesto en España existían condiciones discriminatorias claras, baste mencionar que hasta 1975 las mujeres necesitaban el permiso de sus padres o maridos para obtener el carnet de conducir. Sin embargo, es más llamativo lo que ocurre en la última oleada de esta generación: los nacidos entre 1960-1969 (el *baby boom* español) que, en 2010, estaban en la cohorte de 40 a 49 años y, en 2020, en la de 50 a 59 años. En efecto, cuando las mujeres de esta cohorte tenían edad para sacarse el carnet de conducir (los años ochenta del siglo pasado), aparentemente, no existían tantas trabas familiares ni sociales para las mujeres (por ejemplo, llegaban a la Universidad incluso en una propensión superior a la de los hombres). Sin embargo, esta cohorte sigue con un diferencial de género considerable. Una razón que puede estar explicando ese diferencial es que hasta el año 2001 el Servicio Militar Obligatorio estuvo vigente y muchos hombres lo utilizaban para obtener el carnet de conducir. De manera que las mujeres, especialmente las de rentas más bajas, no podían acceder a esta vía gratuita para sacarse al carnet. Avrillier, Hivert y Kramarz (2010) muestran que esto fue lo que ocurrió en Francia donde existía un servicio militar similar y que desapareció en 1997.

Otro resultado paradójico es que las jóvenes de hoy en día están aumentando la diferencia con respecto a los hombres. En efecto, en el tramo de edad de 21 a 24 años en 2020 la diferencia es de 7,6 puntos porcentuales, cuando en 2010

GRÁFICO 5
CUOTA DE CONDUCTORES Y CONDUCTORAS



Nota: Porcentajes calculados sobre la población total en cada cohorte de edad y género. Las medias se calculan sobre la población de 18 a 99 años.

Fuente: Elaboración propia a partir del censo de conductores de la DGT y la población del INE.

nes tienen una mayor concienciación medioambiental y no quieren el carnet de conducir. Por otro lado, puede deberse a las razones «más clásicas» fundamentadas en restricciones de renta, condiciones sociales y familiares o la menor necesidad de realizar desplazamientos (por trabajar menos). Es evidente que esta segunda opción ofrecería un panorama más desfavorable para la mujer que debería combatirse con políticas de movilidad específicas.

VI. FACTORES QUE EXPLICAN LA TENENCIA DEL CARNET DE CONDUCIR

El análisis realizado en las secciones anteriores ha revelado que la edad y el género provocan diferencias notorias en la tasa de conductores. Además, en cuanto al efecto del ciclo se apreciaba que, incluso durante algunos años de la Gran Recesión, la tasa de conductores en la población seguía creciendo. En esta sección se realiza un sencillo ejercicio econométrico que contempla simultáneamente las correlaciones de los tres determinantes a la hora de explicar la cuota de conductores.

Con la idea de facilitar la interpretación, se estima por mínimos cuadrados ordinarios una ecuación logarítmica de dicha tasa. Luego, los coeficientes estimados se interpretan directamente como cambios porcentuales sobre la variable dependiente. El cuadro n.º 2 reúne dos estimaciones con la población entre 18 y 69 años. En el modelo 1 se han incorporado los efectos de género, cohorte y ciclo de forma independiente; mientras que en el modelo 2 se han incluido efectos cruzados de género y cohorte. Es

era la mitad (3,7 puntos porcentuales). Otro dato relevante: en 2010, una mujer entre 25 y 29 años tenía prácticamente la misma probabilidad de tener el carnet de conducir que un hombre de esa edad, pero en 2020, esta probabilidad es más baja. Esta conducta va a provocar que

el estrechamiento observado entre la cuota media de conductores y la de conductoras no se mantenga en el tiempo. Esto no parece muy integrador, si bien lo ocurrido puede ser compatible con dos realidades muy distintas. Por un lado, puede ser debido a que las mujeres jóve-

importante reseñar que ambos modelos estimados presentan un poder explicativo muy elevado: el modelo 1 explica el 83 por 100 de la variabilidad de la tasa de conductores; mientras que el modelo 2 llega al 95,3 por 100. Por tanto, se ratifica que las variables incorporadas son cruciales para entender qué ocurre con la cuota de conductores en España.

En primer lugar, cabe señalar que, una vez que se controlan conjuntamente los tres determinantes, solo el género y la edad son significativos para explicar la tasa de conductores en la población. Por tanto, el ciclo económico que se aproxima mediante variables ficticias de año no parece estar condicionando las decisiones de los ciudadanos en cuanto a obtener (y renovar) el carnet de conducir. A pesar de que el ejercicio econométrico se realiza con datos muy agregados, en la medida en que en la década analizada ha existido un período de fuerte recesión (2010-2013) seguido por otro de sostenido crecimiento (2015-2019), se cuenta con bastante variabilidad en el ciclo. Por ello, la ausencia de significatividad en las variables de ciclo se debe tomar como un resultado bastante robusto y estaría en la línea con el resultado obtenido por Bayart *et al.* (2020).

El modelo 1 indica que una mujer presenta una probabilidad un 22,8 por 100 más baja de tener el carnet de conducir que un hombre. En relación con el impacto de la edad se observa que la cohorte que presenta una mayor probabilidad de tener conductores es entre 40 a 49 años, seguida por la cohorte de 30 a 39 años.

CUADRO N.º 2
ESTIMACIÓN DE LA ECUACIÓN LOGARÍTMICA DE LA CUOTA DE CONDUCTORES EN ESPAÑA

VARIABLES	COEFICIENTE	DES. EST.	COEFICIENTE	DES. EST.
Constante	3,695	0,061***	3,689	0,050
Mujer	-0,228	0,022***		
Cohorte de edad				
21 a 24 años	0,606	0,034***		
25 a 29 años	0,738	0,035***		
30 a 39 años	0,809	0,032***		
40 a 49 años	0,819	0,027***		
50 a 59 años	0,728	0,031***		
60 a 69 años	0,537	0,067***		
Género x cohorte				
Hombre de 21 a 24 años			0,532	0,032***
Hombre de 25 a 29 años			0,643	0,030***
Hombre de 30 a 39 años			0,734	0,029***
Hombre de 40 a 49 años			0,793	0,029***
Hombre de 50 a 59 años			0,791	0,029***
Hombre de 60 a 69 años			0,788	0,029***
Mujer de 18 a 20 años			-0,216	0,053***
Mujer de 21 a 24 años			0,464	0,034***
Mujer de 25 a 29 años			0,617	0,030***
Mujer de 30 a 39 años			0,668	0,029***
Mujer de 40 a 49 años			0,629	0,031***
Mujer de 50 a 59 años			0,449	0,037***
Mujer de 60 a 69 años			0,071	0,061
Año				
2011	-0,009	0,072	-0,009	0,042
2012	-0,017	0,069	-0,017	0,039
2013	-0,020	0,068	-0,020	0,037
2014	-0,024	0,066	-0,024	0,037
2015	0,030	0,063	0,030	0,036
2016	0,033	0,062	0,033	0,036
2017	0,016	0,062	0,016	0,039
2018	0,014	0,062	0,014	0,040
2019	0,017	0,062	0,017	0,042
2020	-0,011	0,064	-0,011	0,046
R ²	0,8296		0,9534	
Observaciones	154		154	

Notas: La variable dependiente es el logaritmo de la tasa de conductores. Desviaciones estándar robustas. (***) Indica que el coeficiente es significativo al 95 por 100 de confianza.

En el modelo 2 se interaccionan los efectos de género y edad para identificar con más precisión las diferencias, siendo el grupo de referencia los hombres de 18 a 20 años. Todos los grupos de población presentan coeficientes significativos distintos de cero, excepto las mujeres de 60 a 69

años y se ratifica que las mujeres siempre poseen una probabilidad inferior a tener el carnet de conducir que los hombres en su misma cohorte de edad.

Para apreciar con mayor claridad estos resultados, el cuadro n.º 3 muestra la cuota estimada para

cada grupo de edad y el diferencial por cohorte. Fundamentalmente lo que ocurre es que los jóvenes entre 18 y 20 años presentan una probabilidad muy baja de tener el carnet de conducir de coche, tanto en hombres como en mujeres. Pero esta probabilidad crece intensamente a partir de los 20 años. Teniendo en cuenta que, en otros países, una de las variables que más explica la probabilidad de tener el carnet de conducir es la convivencia con los padres y en España la edad de emancipación es muy tardía. El hecho de que cambie tanto la probabilidad de la cohorte de 18 a 20 respecto de la cohorte de 21 a 25 indica que la permanencia en el hogar paterno no es el factor crucial que explica esa diferencia. Más aún cuando, según la *Encuesta Continua de Hogares* de 2020, todavía entre los jóvenes de 25 a 29 años el 55 por 100 vivía con sus padres (INE, 2021). Y en esta cohorte ya se estiman unas cuotas de conductores muy elevadas: del 76,1 por 100 en los hombres y del 74,1 por 100 en las mujeres.

En las edades más avanzadas el diferencial crece de forma exponencial. Por lo que se puede decir que el diferencial estimado entre propensión a tener el carnet de coche en las mujeres y en los

hombres presenta forma de «J» en función de la edad. En otras palabras, el diferencial es moderado entre los más jóvenes (7,8 puntos porcentuales entre 18 y 20 años), bajo en los adultos de 25 a 39 años y creciente exponencialmente en el resto hasta llegar a los 45 p.p. en la cohorte de 60 a 69 años.

VII. CONCLUSIONES

En este artículo se ha desarrollado un exhaustivo análisis descriptivo sobre la cuota de conductores en España a partir de los datos registrados en la DGT. Estos datos, si bien son bastante agregados, al no ser encuestas, ofrecen un panorama muy completo de la situación real a lo largo de la última década. El examen realizado ha puesto de manifiesto algunas falacias sobre el cambio de modelo de movilidad en España. Fundamentalmente, porque el censo total de conductores no presenta todavía una tendencia decreciente. Es cierto, que los datos de 2020 muestran un ligero retroceso, pero debido a lo excepcional de la situación vivida en ese año no refrendan un cambio de tendencia claro.

Una vez dejado claro este resultado que es fundamental, sí

es posible matizarlo en términos de la edad, ya que los más jóvenes tienen cuotas más bajas, sobre todo entre los 18 y los 20 años. A partir de los 20 años las cuotas ya crecen de forma sostenida y nada hace sospechar que los adultos de 30 años ahora no quieran tener el carnet de conducir coches. Lo que sí se detecta en este artículo es que entre los conductores de coche cada vez más hay más que poseen también un carnet de moto. En esta línea es preciso seguir avanzando en la investigación puesto que sería muy interesante distinguir qué tipo de carnet de moto es el que mayoritariamente están obteniendo: el A1 o el A2. Sin duda, esto aportaría nuevas ideas sobre posibles cambios en el modelo de movilidad.

Por último, el resultado que se confirma para España es que las mujeres (sea cual sea su edad) presentan una probabilidad menor de tener el carnet de conducir que los hombres de su misma edad. Esto es importante tenerlo presente cuando se diseñen políticas de movilidad. Por ejemplo, si se quisiera desincentivar el vehículo privado a través de desincentivar la posesión del carnet de conducir es probable que sean las mujeres quienes ajusten en mayor medida su decisión y esto puede contribuir a aumentar aspectos de segregación que, aun contribuyendo a una movilidad más sostenible, no sería bueno para la integración de la sociedad. Similar argumento se puede plantear para las personas de más edad. Por todo ello, este artículo aporta bastantes claves para conocer cómo ha sido y es la decisión de tener el carnet de conducir y qué colectivos concretos se deberían tener en mente cuando se diseñen políticas de movilidad sostenible.

CUADRO N.º 3

CUOTA DE CONDUCTORES ESTIMADA POR GÉNERO Y COHORTE*

	HOMBRES (%)	MUJERES (%)	DIFERENCIAL (P.P.)
18 a 20 años	40,0	32,2	7,8
21 a 24 años	68,1	63,6	4,5
25 a 29 años	76,1	74,1	2,0
30 a 39 años	83,4	78,0	5,4
40 a 49 años	88,4	75,0	13,4
50 a 59 años	88,2	62,7	25,5
60 a 69 años	88,0	42,9	45,1

Nota: *En 2010, si bien en el resto de años no son significativamente diferentes.

NOTAS

(*) La autora agradece al Ministerio de Ciencia e Innovación el soporte a esta investigación a través de los proyectos: PID2020-112984GB-C21 y RTI-2018-099403-B-I00. Dpto. Economía Aplicada, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, UNED, mjmoral@cee.uned.es

(1) Si no se alcanza ese umbral mínimo es posible seguir aumentando el uso del vehículo ante condiciones económicas adversas, tal como ocurre en los países en desarrollo.

(2) En España, el carnet necesario para conducir un automóvil es el tipo B, que permite conducir un vehículo cuya masa máxima autorizada no excede de 3.500 kg y está diseñado para el transporte de no más de ocho pasajeros, además del conductor.

(3) Véase la discusión sobre este aspecto en el blog: «¿Ya no nos gusta conducir?... O sí», Moral (2022): disponible en: www.funcas.es

(4) Para el cómputo de las cuotas se toma como umbral superior los noventa y nueve años.

(5) Aunque en 2014 la economía ya comenzó a crecer, en el período 2009-2015 la renta media *per cápita* disminuyó un 0,9 por 100 anual en términos reales (según la Contabilidad Nacional de España, INE).

(6) Información disponible en: <https://www.ethnicity-facts-figures.service.gov.uk/culture-and-community/transport/driving-licences/latest>

(7) *Acciona Motorsharing*, por ejemplo, comenzó en Madrid en noviembre de 2018 y en Valencia en enero de 2019 (véase www.movilidadelctrica.com).

(8) Hasta 2019 no aportaban datos de India; cuando se incluyen estos registros, España pasa al segundo puesto en el *ranking* mundial.

BIBLIOGRAFÍA

- AVRILLIER, P., HIVERT, L. y KRAMARZ, F. (2010). Driven out of employment? The impact of the abolition of national service on driving schools and aspiring drivers. *British Journal of Industrial Relations*, 48(4), pp. 784-807.
- BASTIAN, A., BORJESSON, M. y ELIASSON, J. (2016). Explaining «peak car» with economic variables. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 88, pp. 236-250.
- BAYART, C., HAVET, N., BONNEL, P. y BOUZOUINA, L. (2020). Young people and the private car: A love-hate relationship. *Transportation Research Part D*, 80, 102235.
- BURGE, P., FOX, J., KOUWENHOVEN, M., ROHR, CH. y WIGAN, M. R. (2007). Modeling of Motorcycle Ownership and Commuter Usage. A UK Study. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2031(1), pp. 59-68.
- CLARK, B., CHATTERJEE, K. y MELIA, S. (2016). Changes to commute mode: The role of life events, spatial context and environmental attitude. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 89, pp. 89-105.
- DE VOSA, J. y ALEMIB, F. (2020). Are young adults car-loving urbanites? Comparing young and older adults' residential location choice, travel behavior and attitudes. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 132, pp. 986-998.
- DELBOSC, A. (2017). Delay or forgo? A closer look at youth driver licensing trends in the United States and Australia. *Transportation*, 44, pp. 919-926.
- DELBOSC, A. y CURRIE, G. (2013). Causes of Youth Licensing Decline: A Synthesis of Evidence. *Transport Reviews*, 33(3), pp. 271-290.
- FIORIELLO, D. y ZANI, L. (2015). EU Survey on issues related to transport and mobility. *Study for the European Commission*, Joint Research Centre, EUR Report 27334.
- FOCAS, C. y CHRISTIDIS, P. (2017). *What drives car use in Europe?* European Commission, Joint Research Centre.
- GÓMEZ, A. J. y SOBRINO, N. (2020). Exploring the adoption of moped scooter-sharing systems in Spanish urban areas. *Cities*, 96, 102424.
- GOODWIN, P. y VAN DENDER, K. (2013). Peak Car' – themes and issues. *Transport Reviews*, 33(3), pp. 243-254.
- HABIB, K. N. (2018). Modelling the choice and timing of acquiring a driver's license: Revelations from a hazard model applied to the University students in Toronto. *Transportation Research Part A*, 118, pp. 374-386.
- HJORTHOL, R. (2016). Decreasing popularity of the car? Changes in driving license and access to a car among young adults over a 25-year period in Norway. *Journal of Transport Geography*, 51, pp. 140-146.
- HOPKINS, D., GARCÍA-BENGOECHEA, E. y MANDIC, S. (2021). Adolescents and their aspirations for private car-based transport. *Transportation*, 48, pp. 67-93.
- HOWE, E. y JAKOBSEN, F. J. (2020). *Global Moped Sharing Market Report*, varios años (2018, 2019 y 2020).
- INE (2021). Nota de prensa de la *Encuesta continua de hogares 2020*, 7-abril de 2021. Disponible en: https://www.ine.es/prensa/ech_2020.pdf
- KUHNIMHOF, T., ARMOOGUM, J., BUEHLER, R., DARGAY, J., DENSTADLI, J. M. y YAMAMOTO, T. (2012). Men Shape a Downward Trend in Car Use among Young Adult – Evidence from Six Industrialized Countries. *Transport Reviews*, 32(6), pp. 761-779.
- LABORDA, J. y MORAL, M. J. (2017). *Libro Blanco de la posventa del automóvil en España*. After Markted Club. ISBN: 978-84-9701-330-7.
- LINE, T., CHATTERJEE, K. y LYONS, G. (2010). The travel behaviour intentions of young people in the context of climate change. *Journal Transport Geography* 18(2), pp. 238-246.
- METZ, D. (2013). Beyond peak car: The fourth era of travel. *Transport Reviews*, 33(3), pp. 255-270.
- RÉRAT, P. (2021). A decline in youth licensing: A simple delay or the decreasing popularity of automobility? *Applied Mobilities*, 6(1), pp. 71-91.
- SIVAK, M. y SCHOETTLE, B. (2012). Recent changes in the age composition of drivers in 15 countries. *Traffic Injury Prevention*, 13(2), pp. 126-132.
- THIGPEN, C. y HANDY, S. (2018). Driver's licensing delay: A retrospective case study of the impact of attitudes, parental and social influences, and intergenerational differences. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 111, pp. 24-40.
- WADUD, Z. y BAIERL, M. (2017). Explaining «peak car» with economic variables: A comment. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 95, pp. 381-385.
- WU, CH., LE VINEB, S. y SIVAKUMARB, A. (2021). Exploratory analysis of young adults' trajectories through the UK driving licence acquisition process. *Traffic Injury Prevention*, 22(1), pp. 37-42.

ANEXO

CUADRO N.º A1

POSESIÓN DE AUTOMÓVILES EN LOS HOGARES ESPAÑOLES SEGÚN LA EDAD DEL SUSTENTADOR PRINCIPAL
(En porcentajes)

AÑO	POSEEN ALGÚN TURISMO	EDAD				
		DE 18 A 29	DE 30 A 39	DE 40 A 54	DE 55 A 64	MÁS DE 65
2009	SÍ	72,9	86,5	86,2	83,4	49,6
	NO, no pueden	16,4	7,9	6,7	4,7	2,8
	NO, otros motivos	10,6	5,5	7,1	11,9	47,6
	Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2010	SÍ	73,5	86,2	86,1	84,3	51,4
	NO, no pueden	18,6	8,0	6,3	3,7	3,2
	NO, otros motivos	8,0	5,8	7,6	12,0	45,4
	Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2011	SÍ	71,4	86,8	87,9	82,9	51,6
	NO, no pueden	20,5	7,0	6,1	4,4	3,0
	NO, otros motivos	8,1	6,2	6,0	12,7	45,4
	Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2012	SÍ	73,3	88,3	88,5	82,8	54,1
	NO, no pueden	17,9	6,8	5,3	6,2	3,6
	NO, otros motivos	8,8	5,0	6,3	11,1	42,3
	Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2013	SÍ	77,1	86,8	86,6	84,8	56,9
	NO, no pueden	12,5	8,4	7,5	5,0	3,0
	NO, otros motivos	10,4	4,8	5,9	10,3	40,1
	Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2014	SÍ	73,1	85,6	85,3	82,6	55,9
	NO, no pueden	13,7	9,0	8,1	5,8	3,1
	NO, otros motivos	13,3	5,4	6,6	11,6	41,0
	Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2015	SÍ	71,9	87,2	85,1	83,3	56,6
	NO, no pueden	19,1	7,2	7,6	5,3	2,9
	NO, otros motivos	9,0	5,5	7,2	11,5	40,5
	Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fuente: Laborda y Moral (2017), tabla 3.A.2, p. 55.

Resumen

En este trabajo se realiza una revisión de los reparos que presentan los usuarios a la hora de adquirir un vehículo eléctrico, analizando su fundamento real, así como sus perspectivas futuras. Por otra parte, se cuantifica la demanda potencial inducida que representará la electrificación del parque móvil en España, describiendo cómo la gestión de carga inteligente puede minimizar su impacto en el sistema eléctrico (red, generación y emisiones).

Palabras clave: vehículo eléctrico, demanda inducida, gestión de carga, emisiones, barreras de desarrollo.

Abstract

This research reviews the concerns that users have regarding the decision to purchase an electric vehicle, analysing their real rationale, as well as their future expectations. On the other hand, this study quantifies the demand potential induced by the electrification of the vehicle fleet in Spain, describing how smart charging management can reduce the impact on the power system (grid, generation and emissions).

Keywords: electric vehicle, demand potential, charging management, emissions.

JEL classification: Q40, Q47, Q53, R40, R41.

EL COCHE ELÉCTRICO: FORTALEZAS Y DEBILIDADES PARA SU EXPANSIÓN

Ángel ARCOS-VARGAS

Universidad de Sevilla

I. INTRODUCCIÓN

La principal preocupación de la sociedad actual está centrada en la sostenibilidad futura del planeta asociada a los procesos de calentamiento global que hemos venido experimentando durante las últimas décadas como consecuencia del aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Según el *Avance del inventario de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)* correspondiente al año 2020 (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2021) si bien se ha reducido el valor absoluto de sus emisiones un 17,6 por 100, el transporte es el sector que presenta mayores emisiones en España (27,7 por 100) correspondiendo casi su totalidad de esta contribución al transporte por carretera.

La Unión Europea (UE), por su parte, es plenamente consciente de los efectos devastadores que podría tener de continuar con los hábitos y tendencias actuales, así como su responsabilidad para mitigar el problema. En este sentido, el pasado mes de abril, se alcanzó el acuerdo del Consejo y el Parlamento en el que se establecen unos objetivos más exigentes que los existentes hasta entonces, fijando una reducción neta de emisiones de gases de efecto invernadero de «al menos el 55 por 100» para 2030 en comparación con 1990, con el

fin de alcanzar la neutralidad climática de la UE para el 2050. Para ello, se ha dotado de una gran cantidad de recursos, como los asociados al Pacto Verde (European Green Deal) en el que se establecen hojas de rutas y planes de acción para un conjunto de sectores/actividades prioritarios, entre los que se encuentra, como no podría ser de otra manera, el transporte.

Por otra parte, el transporte presenta una gran importancia en la economía de la UE, suponiendo un 5 por 100 de su PIB y empleando a más de 10 millones de trabajadores en Europa, lo que hace que el sistema de transporte sea fundamental y se deba ser cuidadoso con las medidas que se adoptan para reducir su posible impacto. Se trata, por tanto, de proporcionar un transporte eficiente, seguro y respetuoso con el medio ambiente, que pueda seguir siendo competitivo a nivel mundial cumpliendo simultáneamente el ambicioso objetivo de reducir sus emisiones en un 90 por 100 para el 2050.

Las medidas propuestas para el sector transporte están dirigidas al transporte por carretera, aviación y transporte marítimo, aunque, como se ha visto anteriormente, corresponde la mayor parte al transporte por carretera, para el que se establecen objetivos aún más ambiciosos, según se muestra en el cuadro n.º 1.

CUADRO N.º 1

OBJETIVOS DE REDUCCIÓN DE EMISIONES PARA EL TRANSPORTE POR CARRETERA PARA TURISMOS Y FURGONETAS

	OBJETIVOS ANTERIORES		OBJETIVOS ACTUALES	
	REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO ₂ PARA TURISMOS (%)	REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO ₂ PARA FURGONETAS (%)	REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO ₂ PARA TURISMOS (%)	REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO ₂ PARA FURGONETAS (%)
2025	15	15	15	15
2030	37,5	31	55	50
2035	–	–	100	100

Fuente: European Commission (2021b).

Estos nuevos objetivos solo serán posibles si se aumenta de forma significativa la proporción de vehículos de cero emisiones. Los vehículos de cero emisiones, que son los titulares de la Etiqueta 0 emisiones, Azul (DGT, 2021), son los vehículos eléctricos de batería (BEV); vehículos eléctricos de autonomía extendida (REEV); así como los vehículos eléctricos híbridos enchufables (PHEV) con una autonomía mínima de 40 kilómetros y los vehículos provistos de pila de combustible. En este artículo

se analizarán exclusivamente a los de naturaleza eléctrica, dejando el resto para posteriores investigaciones. En este sentido, el Plan Nacional Integrado de Emisiones y Clima 2020-2030 –PNIEC– (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020), establece un objetivo de vehículos eléctricos para el 2030 de cinco millones, para lo que se incluyen unos planes específicos de dinamización (incentivos fiscales, zonas restringidas,...).

GRÁFICO 1
EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES ESPECÍFICAS DEL SISTEMA PENINSULAR, 2016-2020



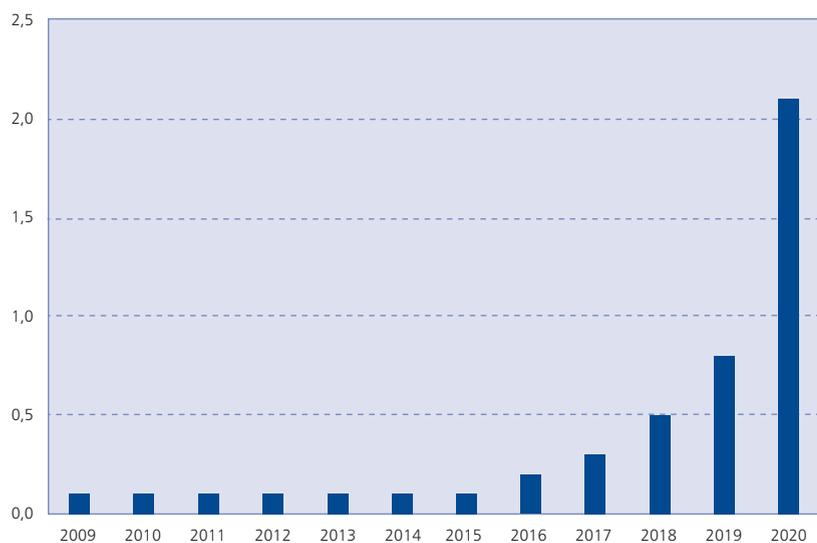
Fuentes: Red Eléctrica de España (2021) y elaboración propia.

El solo aumento de las matriculaciones del vehículo eléctrico no proporcionará una reducción de las emisiones de GEI. Es necesario acompañarlo de una reducción de las emisiones específicas del sistema de generación eléctrica. En el gráfico 1, se muestra la evolución de las emisiones específicas del sector eléctrico en España en los últimos años. Si bien se puede apreciar una marcada tendencia decreciente, el consumo de un MWh en el 2020 produjo algo menos de 150 kt de CO₂.

De esta manera, las emisiones de CO₂ producidas por un vehículo eléctrico que presente un consumo de 150 Wh por cada kilómetro recorrido, ascenderían alrededor de los 200 gramos de CO₂ en la península, aunque en determinados sistemas extrapeninsulares, como por ejemplo Melilla (0,875 Mt CO₂/MWh), ascenderían a 1,3 kg de CO₂, superando así a las emisiones de los modelos diésel más eficientes (Peugeot 208 y Opel Corsa) que se encontrarían por debajo del kilogramo de CO₂. Por tanto, la eficiencia medioambiental de la electrificación del transporte ligero está vinculada con la descarbonización del sistema eléctrico que, como se ha visto, se encuentra en proceso y se prevé su finalización para el año 2050 (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020)

A la vista de las aspiraciones y preocupaciones públicas mencionadas anteriormente, tras esa breve introducción, este artículo explora, en primer lugar, los principales reparos que presentan los usuarios a la hora de adquirir un vehículo eléctrico, para posteriormente estimar la demanda inducida por estos nuevos receptores,

GRÁFICO 2
EVOLUCIÓN DE LAS MATRICULACIONES DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN ESPAÑA
 (En porcentaje sobre el total de matriculaciones)



Fuente: European Alternative Fuels Observatory, 2021.

procedentes de Europa, Estados Unidos y Asia (Deloitte, 2021). En el gráfico 3 se presentan las principales preocupaciones identificadas, donde se observa que los cinco principales reparos que tiene un usuario a la hora de optar por un vehículo eléctrico son la infraestructura de recarga, la autonomía, la seguridad, el coste de adquisición y el tiempo de carga.

Para alcanzar los objetivos de matriculaciones previstas hay que eliminar estas reservas de la mente de los consumidores y, para ello, se deben establecer medidas de formación, difusión, tecnológicas y fiscales, que faciliten esta transición. En los siguientes apartados se analizarán la evolución, el estado actual y las perspectivas futuras de estos determinantes.

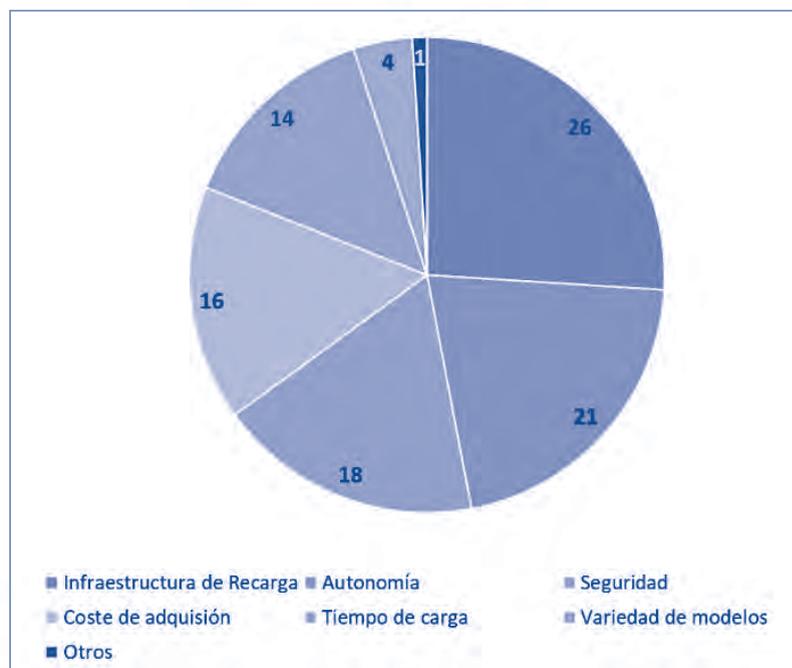
así como la influencia que puede tener los distintos modos de recarga. Para terminar, se presentan las principales conclusiones y futuros retos para la sociedad.

II. PRINCIPALES REPAROS A LA HORA DE ADQUIRIR UN VEHÍCULO ELÉCTRICO

Aunque los avances en las matriculaciones de vehículos eléctricos continúa creciendo de forma exponencial en España (European Alternative Fuels Observatory, 2021) como se muestra en el gráfico 2, quedan aún lejos de los objetivos del Gobierno.

Con objeto de analizar las posibles reservas que aún puedan tener los potenciales compradores a la hora de adquirir un vehículo eléctrico, se ha realizado una encuesta a más de 5.000 potenciales usuarios

GRÁFICO 3
PRINCIPALES PREOCUPACIONES DE LOS USUARIOS A LA HORA DE ADQUIRIR UN VEHÍCULO ELÉCTRICO



Fuentes: Deloitte (2021) y elaboración propia.

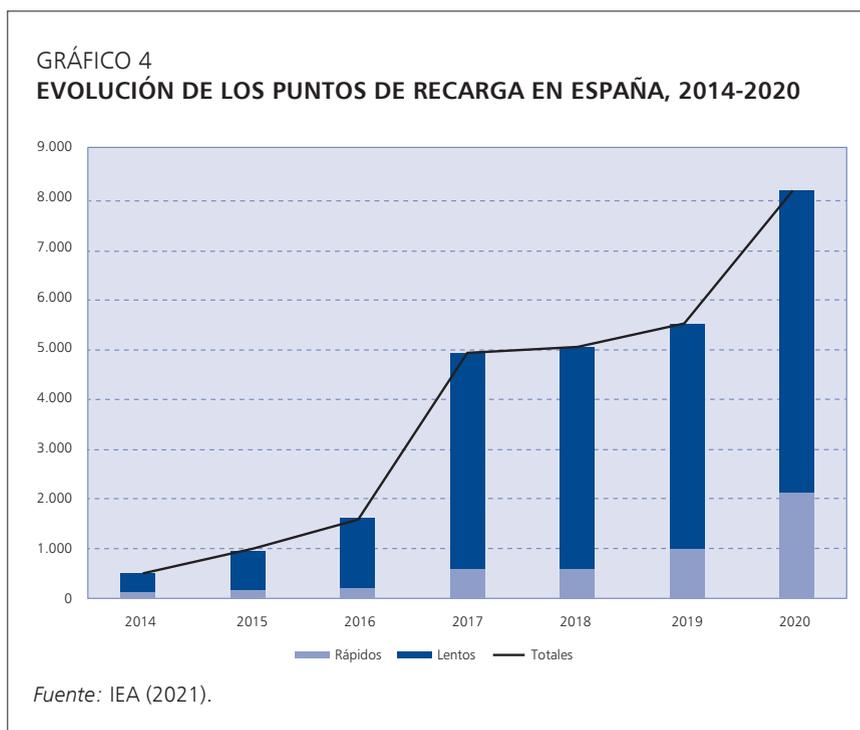
1. La infraestructura de recarga

La existencia de una infraestructura de recarga adecuada, además de ser la principal preocupación de los usuarios a la hora de adquirir un vehículo eléctrico, es el principal determinante del número de matriculaciones. De acuerdo con el estudio realizado por la Real Academia de Ingeniería (Arcos-Vargas, Maza-Ortega y Núñez-Hernández, 2018) el principal determinante de las matriculaciones de los vehículos eléctricos es el número de puntos de recarga rápida pública. En el citado trabajo se estima que su elasticidad se encuentra en valores cercanos a la unidad (1), aumentando el número de vehículos eléctricos, para el caso de España, en 24 por cada cargador rápido adicional. En el gráfico 4 se muestra la evolución del número de posiciones de recarga rápidas y lentas.

Aunque el estudio realizado contempla los países como unidad muestral, se podría replicar a nivel municipal observando la asimetría que existe entre las zonas urbanas y rurales, que se podría justificar por la baja densidad de puntos de recarga públicos.

Comparando los gráficos 3 y 4, se observa que los crecimientos del número de vehículos son superiores a los del número de postes de recarga, lo que justifica la reserva de los compradores. Esta menor velocidad de despliegue está asociado a escasa rentabilidad que presenta a empresarios privados, tal como se estudia en Arcos e Hidalgo (2021).

Dada la gran dependencia que existe entre el número de



estaciones de recarga rápida públicas, y la adquisición de vehículos eléctricos, tendría sentido a la hora de diseñar políticas públicas analizar hasta qué punto resulta eficiente la ayuda al consumidor final para la adquisición del vehículo o, por el contrario, destinar esos recursos a apoyar a los empresarios de estaciones de recarga para la ampliación de la red. Se debe tener en cuenta que las recientes ayudas previstas en el Real Decreto 266/2021 para el fomento de la movilidad eléctrica (MOVES III) en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia Europea (BOE, 2021), prevén una ayuda de hasta 7.000 euros por vehículo, mientras que, según se ha visto anteriormente, la instalación de un nuevo punto de recarga adicional haría aumentar la adquisición en veinticuatro unidades. Además de esta ineficiencia en la asignación, los planes

MOVES anteriores incurrieron en importantes ineficiencias operativas que le impidieron, en varias comunidades autónomas, la ejecución completa del presupuesto.

La relación de dependencia entre la disponibilidad y el número de puntos de recarga públicos, y la matriculación de vehículos eléctricos, se ha desarrollado en numerosas ocasiones en la literatura académica, conociéndose como el dilema del huevo y la gallina (Shi *et al.*, 2020).

2. La autonomía

Aunque muy relacionado con la infraestructura de recarga, la autonomía (o rango del vehículo eléctrico) constituye el segundo reparo de los compradores a la hora de adquirir un vehículo eléctrico. Si bien la distancia media que recorren los vehículos particulares en España no

alcanza los 35 km recorridos (INE 2021) y que el 95 por 100 de los días no se superan los 100 km, el hecho de no disponer de una gran autonomía representa un gran problema psicológico, denominado «rango de ansiedad».

Aunque existen varios factores personales y ambientales que pueden afectar a la ansiedad del conductor (Rauh, Franke y Krems, 2015), existen dos factores reales que lo reducen, como son la infraestructura de recarga (que se ha visto en la subsección anterior) y la capacidad de la batería (Xu, Yang y Wang, 2020).

En la actualidad, la autonomía teórica de los vehículos eléctricos comerciales se encuentra entre los 200 y los 614 km, como se puede observar en el cuadro n.º 2. Estos valores se obtienen de dividir la capacidad de la batería (en kWh) entre el consumo por km del vehículo; dicho consumo

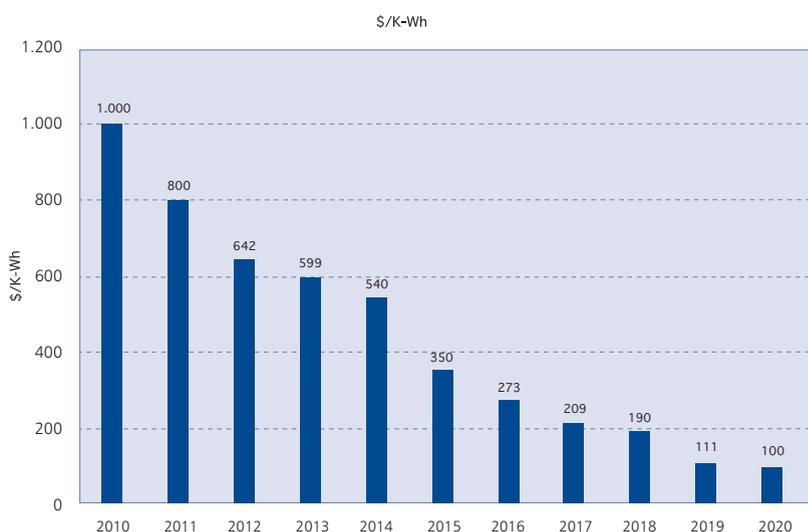
CUADRO N.º 2

DATOS OFICIALES DE AUTONOMÍA DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS LIGEROS

	AUTONOMÍA OFICIAL (KM)
Tesla Model 3 (Gran autonomía)	614
Ford Mustang Mach-3	610
Volkswagen ID.3	539
Skoda Enyaq	520
Hyundai Kona	484
Audi e-tron GT	468
BMW iX3	450
Tesla Model 3 SR	448
Mercedes EQA	417
Volvo XC40 Recharge	417
Citroën e-c4	350
Opel Mokka-e	324
Fiat 500 Icon	298
Honda e	210
Mazda MX-30	200

Fuentes: Elaboración propia, Asociación de Automóviles de Noruega (NAF) y *El Motor* (2021).

GRÁFICO 5
EVOLUCIÓN DEL COSTE DE LAS BATERÍAS DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS, 2010-2020



Fuentes: Elaboración propia y Arcos-Vargas, Canca y Núñez (2020).

dependerá del peso, la potencia del motor, de la velocidad y de las condiciones ambientales a las que se someta (temperatura, pendiente, carga, aceleración, uso de la climatización, etc.).

Si bien la practica totalidad de las baterías instaladas en los vehículos eléctricos son de iones de litio, su tamaño varía entre los escasos 17,6 del Smart, hasta los casi 100 kWh que se instalan en algunos modelos de Tesla (InsidEEVs, 2021). En lo que se refiere a la energía consumida, varían en este caso entre los 140 Wh/km, del Fiat 500 hasta los 281 Wh/km, del Mercedes 300 (Electric Vehicle Database, 2021). Como se ha dicho antes, de la combinación de estas dos variables (capacidad y consumo) se obtienen los valores de la autonomía.

Aunque para aumentar la autonomía es posible reducir el consumo por kilometro del

vehículo, existen límites físicos para ello, siendo más fácil aumentar el tamaño de las baterías. Por su parte, el tamaño de las baterías viene determinado por su coste (€/kWh), su densidad energética (kWh/l) y su intensidad energética (kWh/Kg.), siendo la más relevante el coste de la misma.

Actualmente, el coste de la batería de un vehículo eléctrico se encuentra en torno a los 100€/kWh, reduciéndose su coste más de un 90 por 100 en los últimos años (gráfico 5). De acuerdo con la investigación de la Oficina de Tecnologías de Vehículos del Departamento de Energía (US Department of Energy, 2021) sobre la estimación de los costes de las baterías de iones de litio para vehículos eléctricos, se observa que se ha producido una reducción cercana al 90 por 100 entre 2008 y 2021 (en términos constantes de 2021). La estimación para 2021

se sitúa en 143 dólares/kWh, en base a su energía nominal, considerando unas escalas de producción de 100.000 unidades al año. Si se comparan estos valores con los 1.237 dólares/kWh de 2008, se obtiene las reducciones antes mencionadas. Esta reducción ha sido posible gracias a los importantes avances tecnológicos y al incremento en el volumen de fabricación.

De esta manera, considerando un tamaño característico de la batería de en torno a los 35 kWh, las mejoras en los costes han supuesto la reducción del coste del vehículo en casi 40.000 euros, lo que lo ha posibilitado que pase de ser una curiosidad tecnológica a una opción real para el consumo masivo.

3. La seguridad

La tercera preocupación que muestran los usuarios a la hora de optar por la adquisición de un vehículo eléctrico es la seguridad. Los tres aspectos de la seguridad que provocan la duda de los compradores son seguridad de la conducción, riesgo de electrocución y riesgo de incendio.

Los vehículos eléctricos se caracterizan por una gran capacidad de aceleración y elevado peso. La combinación de estas variables le proporciona el desarrollo de una gran fuerza, disponiendo de una importante inercia. Por otra parte, el dimensionamiento del freno regenerativo, que aunque inicialmente fue diseñado exclusivamente como mecanismo de ahorro de energía, mejora la seguridad del vehículo, así como el hecho de que la mayor parte de la masa se encuentre en las baterías, cuyo centro de gravedad se encuentra a escasa distancia del suelo, le proporciona una gran

estabilidad y un mejor comportamiento ante colisiones con otros vehículos. De esta manera, aunque su conducción debe hacerse de un modo diferente a la de los vehículos convencionales, su comportamiento en la conducción lo hace ser una alternativa segura (Clean Tecnica Report, 2018).

El posible riesgo de electrocución se encuentra asociado más al proceso de recarga que al de conducción, y dependerá de las medidas técnicas y de la potencia que se utilice durante el proceso de carga (ver subsección 5). Por otra parte, el riesgo de incendio se relaciona con la posible autoignición de la batería, que se ha demostrado como una realidad que ha llevado recientemente a General Motors a retirar 142.000 unidades de Chevy Bolts (Bloomberg Green, 2021) por riesgo de incendio, tras identificar 13 incendios en este modelo en los últimos 17 meses. Aunque las noticias de incendios en vehículos eléctricos atraen la atención de los consumidores, el análisis de la información disponible nos muestra que la probabilidad de incendio es mucho menor que en los vehículos convencionales. A partir de la información de la National Fire Protection Association (NFPA.org), Tesla incluye en su *Impact report 2020* (TESLA, 2021) una comparación entre los valores relativos de incendios por distancia recorrida entre los vehículos de su marca y los convencionales, obteniendo valores diez veces menores que sus homólogos de combustión interna.

4. El coste de adquisición

Aunque las diferencias de precio con los vehículos convencionales se van reduciendo, a pesar de las ayudas públicas y las con-

tinuas ofertas de los fabricantes, la opción eléctrica se encuentra por encima de la oferta básica convencional. En este sentido, y como consecuencia de las reuniones de la Conferencia de las Partes (COP26) en Glasgow, 30 países y seis fabricantes han acordado finalizar la comercialización y producción de vehículos de combustión antes del año 2035, por lo que dejarán de ser una opción frente al eléctrico.

Si bien es cierto que los vehículos eléctricos presentan unos mayores precios de adquisición, las ayudas y las ofertas antes mencionadas, unidas a los menores costes de mantenimiento y combustible, los configura como una opción más económica. Los menores costes de mantenimiento de los vehículos eléctricos están asociados a que tienen siete veces menos componentes que los convencionales, es decir de 210 a 1.400 euros (Soria, 2014) que, unido a la ausencia de aceites y filtros, hace que los gastos de mantenimiento resulten un 60 por 100 inferiores en el caso del vehículo eléctrico.

Un reciente estudio de Argonne U.S. Department of Energy Laboratory (2021), analiza los costes totales para el propietario (TCO) de los vehículos eléctricos frente a los de combustión para distintas configuraciones y tamaños (Burnham, 2021), alcanzando resultados parecidos a los presentados por UBS Limited en 2017 (Hummel y Lesne, 2017). Los estudios anteriores se refieren a los mercados norteamericanos y europeos. El caso español presentaría resultados intermedios entre ambos, ya que el precio del combustible (gasolina/gasoil) resulta más caro que en EE. UU., aunque algo menor que en el resto de Europa.

5. El tiempo de recarga

El tiempo de recarga dependerá inversamente de la potencia de la instalación de carga. En este sentido, las instalaciones de recarga se pueden clasificar como:

- *Recarga lenta.* Es la más habitual del mercado. También se llama carga vinculada, convencional, normal o estándar lenta. Su conexión es en corriente alterna monofásica a 230 V, 16 A y con 3,7 kW de potencia máxima, aunque existe una variedad trifásica que admite hasta 32 A y 7,4 kW.
- *Recarga semirrápida.* Este tipo de recarga es la que encontraremos habitualmente en espacios públicos, como empresas o aparcamientos públicos. Se realiza a una potencia mayor de 7,4 kW (normalmente entre 11 kW y 22 kW).
- *Recarga rápida.* La potencia a partir de la que llamamos «carga rápida» es de unos 43 kW – 50 kW. Está pensada para las estaciones de uso público exteriores que supongan un punto de recarga para trayectos largos o situaciones concretas en las que tengamos poco tiempo para recargar el vehículo, como las electrolineras.
- *Recarga ultrarrápida.* Es la habitual en las electrolineras de carretera. La potencia de estos cargadores es superior a los 80 kW, pudiendo alcanzar los 250 kW.

Como se ha mencionado más arriba, el tiempo de carga del vehículo dependerá de la potencia del punto de recarga.

CUADRO N.º 3

TIPOS DE POSTES DE RECARGA Y TIEMPO CARACTERÍSTICO

TIPO DE CARGADOR	POTENCIA CARACTERÍSTICA	TIEMPO (HORAS)	
	kW	TAMAÑO DE BATERÍA (kWh)	
		35	100
Lento	3,2	10,9	31,3
Semirrápido	22	1,6	4,5
Rápido	50	0,7	2,0
Ultrarrápido	150	0,2	0,7

Fuente: Elaboración propia.

En la actualidad, la capacidad de los vehículos oscila entre los 35 kWh en coches más pequeños (por ejemplo, el Honda e) y los 100 kWh (como el Model S de Tesla). En el cuadro n.º 3 se muestran los tiempos de carga característicos para cada tipo de cargador y los tamaños de baterías característicos.

Aunque a primera vista puede parecer atractivo cargar las baterías en postes de alta potencia, los efectos de las temperaturas de carga hacen que se reduzca la esperanza de vida de las baterías, y es por eso por lo que es recomendable, con carácter general, la recarga lenta, dejando las opciones rápidas como carga de oportunidad, viaje o emergencia.

6. Perspectivas futuras

De acuerdo con lo expuesto en las subsecciones anteriores, las actuales posibles reservas de los usuarios a la hora de optar por la adquisición de un vehículo eléctrico, o bien no tienen un fundamento científico, o bien la tecnología las resolverá en los próximos meses. Este hecho, unido a las mayores exigencias medioambientales y restricciones en la comercialización y a la producción de los vehículos convencionales, hará que la electrificación del transporte ligero sea una realidad en los próximos años.

De cualquier forma, el desarrollo del vehículo eléctrico será tanto mayor cuanto mayor será el progreso en las tecnologías de las baterías. Aunque el despliegue masivo del vehículo eléctrico multiplicaría por veinte las demandas de litio y cobalto, solo en este último podrían provocar problemas de abastecimiento (Hummel y Lesne, 2017) ya que necesitaría casi el 40 por 100 de las reservas mundiales, cuya practica totalidad es controlada por China, en explotaciones de África central (De La Torre et al., 2020). Para evitar este riesgo potencial, se están desarrollando tecnologías de almacenamiento menos intensivas en cobalto, pasando de una configuración de un 33 por 100 de cobalto (NMC111: 1 parte de níquel, 1 de manganeso y 1 de cobalto) a otra con una proporción de cobalto mucho menor (NMC811: 8 parte de níquel, 1 de manganeso y 1 de cobalto), lo que reduce la magnitud del problema, sin que esto suponga una reducción de su eficiencia ni aumento de costes significativos.

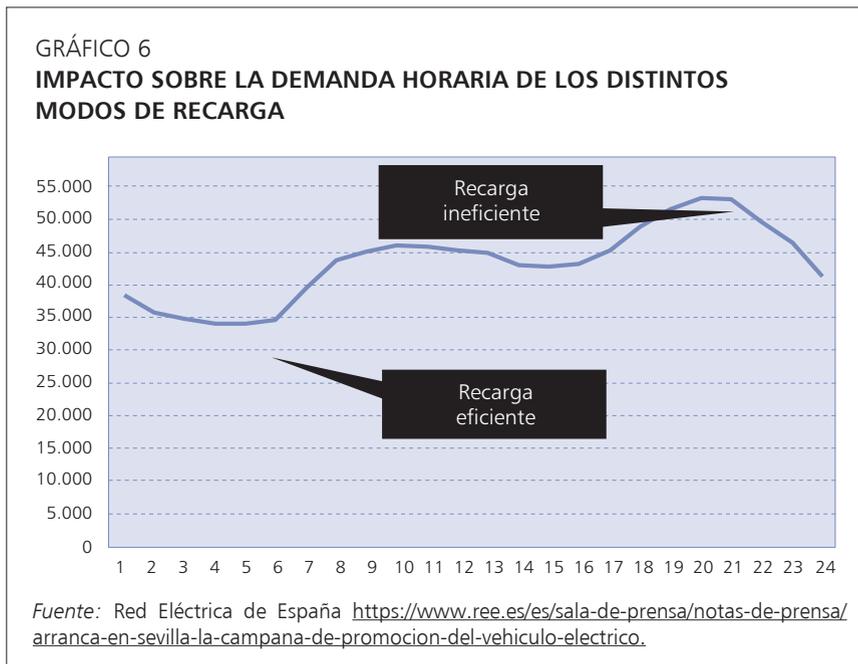
III. DEMANDA ELÉCTRICA INDUCIDA

Para estimar la demanda eléctrica derivada de la electrificación del parque móvil, se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo VE} = \text{Consumo específico (kWh/km)} \times [\text{1}] \text{ distancia recorrida (km)}.$$

En España circulan casi treinta millones de vehículos de distinta naturaleza, lo que hace que presenten distintos consumos específicos y régimen de uso. Usando la metodología propuesta por Gutiérrez-García y Arcos-Vargas (2021), se han identificado casi treinta millones de vehículos en España correspondientes a seis categorías diferentes (turismos, furgonetas, autobuses, motocicletas, ciclomotores y camiones). Cada una de estas categorías presentan consumos específicos y regímenes de uso diferentes, tal como se muestra en el cuadro n.º 4.

Del cuadro n.º 4 se desprende que la demanda derivada de la electrificación completa del transporte terrestre ascendería a 280 TWh, lo que supondría algo más que duplicar la demanda actual. Por otra parte, habría que tener en cuenta los posibles cambios de uso derivados de la introducción de otros medios de transporte (como, por ejemplo, los vehículos de movilidad persona -VMP) así como de los cambios de hábitos y propiedad (uso compartido).



Como se ha visto en las secciones anteriores, mientras para el transporte ligero la electrificación resulta una opción interesante, no está aún resuelto en el caso del transporte pesado (camiones) que es el que representa una mayor participación en la demanda derivada (casi el 80 por 100). Actualmente se están explorando otras opciones (hidrógeno, amoníaco, combustibles verdes,...) de forma que se vea reducido su impacto ambiental.

A efectos de cálculo, se adopta la hipótesis de la electrificación del transporte ligero (turismos, furgonetas, motocicletas y ciclomotores) y de los autobuses (para los que ya existen experiencias en varias ciudades, como son los casos de Badajoz, Barcelona, Madrid, Vitoria y Zaragoza) con lo que se obtendría una demanda de 60 TWh anuales, lo que representaría un 25 por 100 de la demanda actual.

IV. INFLUENCIA DE LA GESTIÓN DE LA RECARGA

La capacidad del sistema actual para incorporar estos 60 TWh sin necesidad de realizar inversiones adicionales dependerá de la forma y el instante de realizar la recarga de los vehículos. Dada las características de la demanda horaria, la recarga del parque móvil en las horas valle no requeriría inversiones adicionales en red ni en generación, mientras que su incorporación a la punta provocaría situa-

CUADRO N.º 4

TIPOS DE POSTES DE RECARGA Y TIEMPO CARACTERÍSTICO

	TURISMOS	FURGONETAS	AUTOBUSES	MOTOCICLETAS	CICLOMOTORES	CAMIONES
DISTANCIA MEDIA ANUAL (km)	12.500	19.500	55.000	11.000	11.000	100.000
CONSUMO ESPECÍFICO (kWh/100 km)	16,2	22,6	144,9	7,6	3,1	96,9
CONSUMO MEDIO ANUAL (kWh)	2.025	4.409	79.701	831	345	96.900
FLOTA	22.113.723	2.193.230	56.071	1.389.234	1.777.566	2.252.425
DEMANDA TOTAL (GWh)	44.780.289	9.669.841	4.468.887	1.153.759	613.971	218.259.983

Fuentes: Gutiérrez-García y Arcos-Vargas (2021) y elaboración propia.

ciones de riesgo del sistema, lo que induciría importantes inversiones en capacidad. En el gráfico 6 se muestra la curva característica de la demanda horaria, y cómo si la incorporación de la demanda de los vehículos eléctricos se hace en el valle (sistema eficiente) no tendría prácticamente ninguna incidencia en el sistema

Con objeto de determinar el impacto horario sobre la demanda horaria, Red Eléctrica de España ha desarrollado un simulador de recarga del vehículo eléctrico, disponible en la web (<https://www.ree.es/sites/all/Simulador-VE/simulador.php>). con el que se pueden evaluar distintos escenarios. Los parámetros a determinar son:

- *Porcentaje de vehículos eléctricos puros y de vehículos híbridos enchufables:* la herramienta considera solo los vehículos cuya batería puede cargarse conectándose a la red.
- *Nivel de inteligencia de la carga doméstica:* esta variable permite modificar el nivel de gestión de los

puntos de carga instalados en plazas de aparcamiento particulares. Se consideran tres niveles:

- Sin gestión: el usuario no cuenta con sistemas de optimización de la recarga.
 - Discriminación horaria: el vehículo se cargará durante aquellas horas en las que la electricidad es más barata.
 - Inteligente: existe comunicación entre el vehículo y la red. Se tienen en cuenta las necesidades del sistema y de los usuarios.
- *Acceso a recarga en el lugar de trabajo y en electrolineras.*
 - *Tipo de día y temporada:* el simulador considera dos tipos de día, laborable y festivo, y dos temporadas, verano e invierno. Las horas de mayor demanda varían según la temporada (uso de calefacciones, aire

acondicionado, ...) y el nivel de actividad laboral.

Mediante la combinación de estos parámetros, se han definido seis escenarios diferentes para los que se evalúa el impacto sobre la demanda.

Del análisis del gráfico 7, se observa que los escenarios que presentan una mayor proporción de gestión inteligente (1, 2 y 3) aprovechan el valle de demanda para su recarga.

Otra alternativa sería volver a analizar los mecanismos de carga basados en el cambio de batería, conectando estas baterías en aquellos momentos en los que pudiera tener un menor efecto (en costes, en seguridad o en emisiones). Este modelo fue desarrollado por el proyecto Project Better Place (<https://web.archive.org/web/20110616141426/http://www.betterplace.com/>), que fundó una empresa en California en el año 2007. La experiencia no fue positiva debido a los grandes volúmenes de inversión y menor penetración de los vehículos eléctricos que lo esperado, declarándose en quiebra en el año 2013.

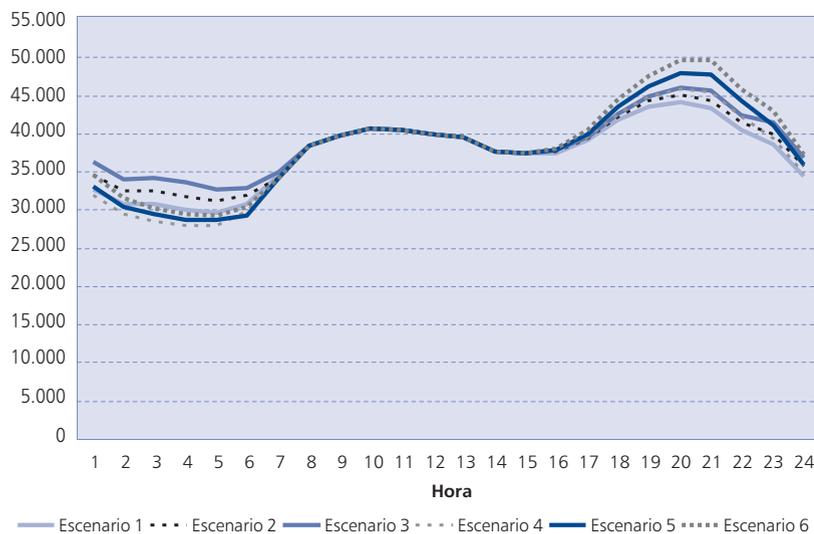
CUADRO N.º 5

ESCENARIOS DE PENETRACIÓN E INTELIGENCIA DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

PARÁMETROS		ESCENARIO 1	ESCENARIO 2	ESCENARIO 3	ESCENARIO 4	ESCENARIO 5	ESCENARIO 6
% VE (0 - 100 por 100)		10	15	20	10	15	20
Tipo de VE (0-100 %)	% Híbrido (PHEV)	20	20	20	20	20	20
	% Puro (BEV)	80	80	80	80	80	80
Gestión carga (0-100 %)	% Sin gestión	30	30	30	65	65	65
	% Discriminación horaria	40	40	40	25	25	25
	% Inteligente	30	30	30	10	10	10
% Carga en lugar de trabajo (0 - 100 %)		50	50	50	50	50	50
% Carga en electrolineras (0 - 100 %)		25	25	25	25	25	25

Fuente: López-Moreno (2020).

GRÁFICO 7
COMPARATIVA DE DEMANDAS EN LOS DIFERENTES ESCENARIOS



Fuente: López-Moreno (2020).

Las condiciones de penetración de vehículo eléctrico y de costes de la electricidad actuales podrían hacer que el proyecto volviera a tener sentido. Analizando el modelo que desarrolla Gómez-Expósito, Arcos-Vargas y Gutiérrez-García (2020) para España, de un sistema energético libre de emisiones basado en renovables y almacenamiento, se observan que aparecen unos vertidos de energía superiores a la demanda prevista de los turismos eléctricos, con lo que, con este sistema, se le podría asignar a un coste extremadamente bajo.

V. CONCLUSIONES

Los niveles actuales de penetración del vehículo eléctrico están respondiendo a las previsiones realizadas, no existiendo causas objetivas que impidan la completa electrificación del transporte ligero en los próximos años, en línea con las aspiracio-

nes de numerosos países presentadas en la COP26 de Glasgow.

Como asignatura pendiente queda diseñar la transición del transporte pesado a una economía baja en carbono, bien sea mediante la electrificación, bien por el uso de otros combustibles de bajas o nulas emisiones. Cabe recordar, como se ha visto en este trabajo, que el consumo energético del transporte pesado supone casi cuatro veces la del ligero, siendo Este el responsable de la mayor parte de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Por último, resaltar la importancia de desarrollar sistemas inteligentes de carga de los vehículos con objeto de minimizar el impacto en la red y las emisiones, así como en posibles inversiones extraordinarias en generación. Aunque el desarrollo de los sistemas *Better Place* ha sido abandonado, es posible que,

con los niveles actuales de penetración y la energía destinada a vertidos en sistemas renovables y de almacenamiento, resulte de nuevo atractivo.

NOTA

(1) España presenta la mayor elasticidad de los países europeos, encontrándose el valor mínimo en Italia (0,2), siendo su valor medio cercano al 0,6.

BIBLIOGRAFÍA

- ARCOS-VARGAS, Á. e HIDALGO, A. (2021). Economic Analysis of Recharging Electric Vehicles. En *The Role of the Electric Vehicle in the Energy Transition*, pp. 81-92. Cham.: Springer.
- ARCOS-VARGAS, Á., MAZA-ORTEGA, J. y NÚÑEZ-HERNÁNDEZ, M. (2018). Real Academia de Ingeniería de España. *Propuestas para el fomento de la movilidad eléctrica: Barreras identificadas y medidas que se deberían adoptar*. http://www.raing.es/sites/default/files/EV_por_10020RAING_por_1002020180125_por_10020DEF.pdf
- ARCOS-VARGAS, Á., CANCA, D. y NÚÑEZ, F. (2020). Impact of battery technological progress on electricity arbitrage: An application to the Iberian market. *Applied Energy*, 260, p. 114273.
- BLOOMBERG GREEN (2021). *Battery Fires Haunt the Electric Car and Clean Power Revolution*. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-09-24/battery-fires-haunt-the-electric-car-and-clean-power-revolution?srnd=premium-europe>
- BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO (2021). Real Decreto 266/2021, de 13 de abril, por el que se aprueba la concesión directa de ayudas a las comunidades autónomas y a las ciudades de Ceuta y Melilla para la ejecución de programas de incentivos ligados a la movilidad eléctrica (MOVES III) en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia Europea
- BURNHAM, A., GOHLKE, D., RUSH, L., STEPHENS, T., ZHOU, Y., DELUCCHI, M. A., ... y BOLOOR, M. (2021). *Comprehensive Total Cost of Ownership*

<p><i>Quantification for Vehicles with Different Size Classes and Powertrains</i> (No. ANL/ESD-21/4). Argonne National Lab. (ANL), Argonne, IL (United States).</p> <p>CLEAN TÉCNICA REPORT (2018). <i>The EV Safety Advantage</i>. https://cleantechnica.com/files/2018/07/CleanTechnica-EV-Safety-Advantage-Report.pdf</p> <p>DELOITTE (2021). <i>Deloitte Global Automotive Consumer Study</i>. https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/manufacturing/us-2021-global-automotive-consumer-study-global-focus-countries.pdf</p> <p>DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO, DGT (2021). <i>Etiqueta Ambiental</i>.</p> <p>ELECTRIC VEHICLE DATABASE (2021). <i>Energy consumption of full electric vehicles</i>. https://ev-database.org/cheatsheet/energy-consumption-electric-car</p> <p>ELECTROMAPS (2021). https://www.electromaps.com/puntos-de-recarga/espana</p> <p>EUROPEAN ALTERNATIVE FUELS OBSERVATORY (2021). <i>Spain: Total number of vehicles electricity</i>. https://www.eafo.eu/countries/spain/1754/summary. Updated 08/2021.</p> <p>EUROPEAN COMMISSION (2021a). <i>A European Green Deal Striving to be the first climate-neutral continent</i> https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en</p> <p>EUROPEAN COMMISSION (2021b). <i>Factsheet - The Transport and Mobility Sector</i>. https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/transport-and-green-deal_en</p>	<p>GÓMEZ-EXPÓSITO, A., ARCOS-VARGAS, A. y GUTIÉRREZ-GARCÍA, F. (2020). On the potential contribution of rooftop PV to a sustainable electricity mix: The case of Spain. <i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i>, 132, p. 110074.</p> <p>GUTIÉRREZ-GARCÍA, F. J. y ARCOS-VARGAS, A. (2021). Forecast of EV Derived Electrical Demand. The Spanish Case. En <i>The Role of the Electric Vehicle in the Energy Transition</i>, pp. 25-43. Cham.: Springer. https://www.dgt.es/es/seguridad-vial/distintivo-ambiental/etiqueta_o_azul.shtml</p> <p>HUMMEL, P. y LESNE, D. (2017). <i>UBS Evidence Lab Electric Car Teardown – Disruption Ahead?</i> UBS Investment Research.</p> <p>INSIDEEVS (2021). <i>Compare Electric Cars: EV Range, Specs, Pricing & More</i>. https://insideevs.com/reviews/344001/compare-evs/</p> <p>INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (2020). <i>Encuesta de hogares y medio ambiente 2008. Kilómetros medios recorridos al año por los vehículos para uso personal, por relación con la actividad económica de la persona de referencia y antigüedad del vehículo</i>. https://www.ine.es/jaxi/Datos.htm?path=/t25/p500/2008/p10/l0/&file=10020.px#!tabs-grafico</p> <p>INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (2021). <i>Global EV Data Explorer</i>. https://www.iea.org/articles/global-ev-data-explorer</p> <p>LÓPEZ MORENO, M. (2020). <i>Un análisis de los efectos de la introducción del vehículo eléctrico sobre el mercado eléctrico español</i>. TFG. Escuela Superior de Ingenieros. Universidad de Sevilla.</p>	<p>MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO (2020). <i>Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030</i>. https://www.miteco.gob.es/es/prensa/pniec.aspx</p> <p>MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO (2021). <i>Nota informativa sobre el avance de emisiones de gases de efecto invernadero correspondientes al año 2020</i>. https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-avance-gei-2020-tcm30-528804.pdf</p> <p>RAUH, N., FRANKE, T. y KREMS, J. F. (2015). Understanding the impact of electric vehicle driving experience on range anxiety. <i>Human factors</i>, 57(1), pp. 177-187.</p> <p>SHI, L., HAO, Y., LV, S., CIPCIGAN, L. y LIANG, J. (2020). A comprehensive charging network planning scheme for promoting EV charging infrastructure considering the Chicken-Eggs dilemma. <i>Research in Transportation Economics</i>, 88(3), p. 100837.</p> <p>TESLA (2021). <i>Impact Report 2020</i>. https://www.tesla.com/ns_videos/2020-tesla-impact-report.pdf</p> <p>U.S. DEPARTMENT OF ENERGY (DoE) (2021). <i>FOTW #1206, Oct 4, 2021: DOE Estimates</i>. https://www.energy.gov/eere/vehicles/articles/fotw-1206-oct-4-2021-doe-estimates-electric-vehicle-battery-pack-costs-2021</p> <p>XU, M., YANG, H., y WANG, S. (2020). Mitigate the range anxiety: Siting battery charging stations for electric vehicle drivers. <i>Transportation Research Part C: Emerging Technologies</i>, 114, pp. 164-188.</p>
--	---	---

COLABORACIONES

III.
**LA MOVILIDAD DE LAS PERSONAS
EN EL SIGLO XXI**

LA MOVILIDAD PRESENTE Y FUTURA EN EUROPA

Pascual BERRONE

Joan Enric RICART

Esther BRITO

IESE Business School

Resumen

La sostenibilidad de la movilidad urbana es uno de los retos y prioridades de las ciudades europeas en el siglo XXI. Partiendo de la realidad actual, se utiliza un modelo de gestión urbana inteligente para analizar las medidas que se están tomando en cada una de sus dimensiones: infraestructura y planificación urbana, entorno jurídico y regulatorio, tecnología e innovación, cambios de hábitos y comportamientos, y nuevos modelos de negocio. Esas medidas conllevan la emergencia de un nuevo ecosistema de movilidad urbana que precisa de una gobernanza activa y requiere un nuevo liderazgo del sector público para avanzar hacia una movilidad sostenible, equitativa y accesible.

Palabras clave: movilidad, ciudades, sostenibilidad, Unión Europea.

Abstract

The sustainability of urban mobility is one of the main challenges and priorities for European cities in the 21st century. Parting from our current situation, a smart urban management model is used to analyze the measures that are being taken in each of its dimensions: Infrastructure and urban planning, legal and regulatory environment, technology and innovation, changes in habits and behaviors, and new business models. These measures lead to the emergence of a new urban mobility ecosystem that requires active governance and a new leadership from the public sector to move towards sustainable, equitable and accessible mobility.

Keywords: mobility, cities, sustainability, European Union.

JEL classification: R50.

I. INTRODUCCIÓN

HACER sostenible la movilidad urbana se ha convertido en uno de los retos y prioridades principales para las ciudades europeas en el siglo XXI. Con más del 70 por 100 de su población residiendo en ciudades, las dinámicas de la movilidad urbana son factores determinantes de la calidad de vida y la oportunidad económica en Europa (European Commission, 2021a). Asimismo, las externalidades y limitaciones de esta movilidad tienen un impacto fundamental sobre el desarrollo sostenible y la inclusión de los colectivos sociales más vulnerables. A pesar de los esfuerzos realizados durante las últimas décadas, los patrones actuales de movilidad urbana en Europa presentan serios problemas, desde la contaminación medioambiental, hasta daños para la salud pública, inseguridad, accidentes, y limitaciones en la accesibilidad al transporte, entre otros. Por este motivo, la transición hacia un nuevo paradigma de movilidad sostenible se ha convertido en un elemento clave de la gobernanza de las ciudades europeas.

En términos generales, se entiende la movilidad sostenible como aquella que satisface las necesidades presentes sin comprometer las de generaciones futuras (Baxter, 2021). El interés académico por la movilidad urbana sostenible ha ido en aumento en

Europa en línea con el establecimiento de objetivos de descarbonización continentales y ha experimentado un resurgimiento durante la pandemia de la COVID-19. Con la reincorporación de gran parte del volumen de movilidad que había quedado paralizado durante este período, muchos Gobiernos han identificado este punto de rotura como una oportunidad para impulsar cambios ambiciosos en la movilidad urbana.

Conseguir avanzar hacia sistemas de movilidad más sostenibles requerirá a los Gobiernos europeos identificar los principales retos a los que se enfrentan las ciudades (sección II), y evaluar las alternativas a su disposición para desarrollar planes estratégicos que permitan implementar soluciones acordes. Por ello, este artículo tiene como objetivo explorar los patrones actuales de la movilidad urbana en Europa, estableciendo las bases para la gobernanza de la movilidad sostenible en el continente. Con este fin, se emplea el índice *Cities in Motion* como metodología para hacer un diagnóstico del estado de la movilidad en las ciudades europeas (sección III), presentando a partir de este un modelo de gestión urbana inteligente (sección IV) que identifica las áreas principales donde los Gobiernos urbanos pueden impulsar cambios hacia la movilidad sostenible: infraestructura y planificación urbana, nuevas aplicaciones tecnológicas e innovación, cambios en el comportamiento y

las preferencias de los ciudadanos, el entorno jurídico y regulatorio, y los nuevos modelos de negocio. Se propone además la gobernanza urbana como elemento integrador de estas áreas de acción (sección V) y derivan conclusiones sobre el futuro de la movilidad sostenible en Europa (sección VI).

II. DESAFÍOS DE LA MOVILIDAD EUROPEA

Dado que promover la transición hacia una movilidad urbana sostenible en Europa requerirá el compromiso de todos los actores urbanos y niveles de gobierno –desde los municipios hasta la UE (Unión Europea)–, cabe destacar los desafíos comunes a las que estas ciudades se enfrentan. Estos están relacionados, principalmente, con el cambio climático y con las consecuencias económicas y sociales que plantea la movilidad urbana.

1. La movilidad y el reto del cambio climático

Quizá el más reconocido de los retos relacionados con la movilidad en las ciudades es el impacto medioambiental que esta genera. Un 40 por 100 de las emisiones europeas de gases de CO₂ procedentes del transporte terrestre se deben a la movilidad urbana (European Commission, 2021a). Asimismo, pese a los esfuerzos de la última década, el transporte no ha avanzado en la reducción de emisiones al nivel que lo han hecho otros sectores productivos, como el energético, agrícola, industrial o de servicios. De hecho, las emisiones del transporte han ido en aumento, convirtiéndose en un obstáculo importante para la descarbonización en Europa (European Investment Bank, 2020a).

La UE ha sido reconocida durante décadas como un líder mundial en la acción contra el cambio climático –y ha establecido objetivos ambiciosos de forma acorde–. Con la aprobación en 2019 del Pacto Verde Europeo (*European Green Deal*) la UE definió un marco político para abordar los retos generados por el cambio climático y fomentar la transición hacia el desarrollo sostenible. Este marco está orientado a conseguir que la UE sea climáticamente neutra –es decir, que reduzca sus emisiones netas a cero– para 2050. Sin embargo, esto no será fácil; cumplirlo requerirá una reducción del 90 por 100 en emisiones del transporte en la UE (European Commission, 2019).

Actualmente, los datos disponibles sugieren que no se está avanzando suficientemente para alcanzar los objetivos del Pacto Verde Europeo (Smeds y Jones, 2020). El Tribunal de Cuentas Europeo recientemente declaró que aún no existen indicios de que las ciudades estén cambiando fundamentalmente sus enfoques o sistemas de movilidad (European Court of Auditors, 2020).

2. Las consecuencias económicas y sociales de los patrones de movilidad urbana actuales

Más allá de su impacto medioambiental, la movilidad actual de personas en la ciudad implica una serie de problemas económicos, sociales, y de *salud pública*. Entre los más destacados están la congestión y el tráfico, la falta de aparcamiento, los problemas de accesibilidad, las malas conexiones de servicios de transporte público, y los accidentes. Cada una de estas dimensiones tiene a su vez consecuencias mayores. Por ejemplo, el tráfico tiene importantes implicaciones económicas. Se estima que la UE pierde aproximadamente 100 billones de euros al año debido a atascos, equivalente a aproximadamente el 1 por 100 de su PIB anual (Interreg, 2019). A nivel humano, la congestión genera una contaminación en el aire que, según la Agencia Europea de Medio Ambiente, causa más de 400.000 muertes prematuras anualmente en Europa (European Environmental Agency, 2020). Añadido a esto, aproximadamente el 50 por 100 del espacio público en las ciudades europeas lo ocupan calles –espacio que no puede ser destinado a otros usos, como espacios verdes– y el 67 por 100 de accidentes ocurren en ciudades (European Institute of Innovation and Technology, 2021). De esta forma, se puede apreciar que la movilidad genera consecuencias considerables más allá de los ámbitos tradicionalmente relacionados con la misma.

Al mismo tiempo, la movilidad es fundamental para la actividad económica, social y *cultural* de una ciudad. Esta define el acceso a empleos, servicios clave y redes de ayuda en el marco urbano, por lo que el acceso desigual o limitado a medios de transporte –sea debido a lejanía, malas conexiones, u otros factores– excluye de oportunidades a algunos residentes urbanos. Por ello, existe una correlación entre la accesibilidad limitada al transporte urbano y el riesgo de exclusión social. Esta falta de acceso a la movilidad urbana se ha denominado «pobreza de transporte» (Lucas *et al.*, 2016). La exclusión de

los servicios de movilidad puede ser económica o debida a la falta de accesibilidad. Pese a la amplia infraestructura de transporte que existe en Europa, para aquellos residentes sin recursos el transporte urbano puede ser inaccesible por su coste. En 2019, Londres, Dublín, Ámsterdam y Fráncfort estaban entre las doce ciudades del mundo con el transporte público más caro. De forma similar, la movilidad puede resultar imposible o verse gravemente limitada por cuestiones de accesibilidad. Muchos de los modelos de transporte actuales no están diseñados de forma accesible, pese a que en Europa residen más de 100 millones de personas discapacitadas y aún más con movilidad reducida (Mabita, 2019). Las nuevas alternativas de movilidad (bicis, *scooters*, etc.) no suelen facilitar el transporte a este grupo, problematizando la retirada de coches.

En los siguientes párrafos, se analizará la situación actual de la movilidad en las ciudades europeas, así como los cambios de tendencia que están tomando forma en este contexto. Exploraremos así el camino que las ciudades están impulsando hacia el futuro de la movilidad sostenible en Europa.

III. METODOLOGÍA

Para evaluar la situación actual de movilidad urbana en las ciudades europeas y situar los cambios que estos centros urbanos están experimentando, emplearemos el *Índice Cities in Motion (ICIM)*. Este índice se elabora desde 2014, y en su última edición en 2020 analizó 174 ciudades en 80 países.

El *ICIM* es un indicador sintético, y está, por tanto, definido en función de los indicadores parciales disponibles. La creación del *ICIM* se realiza mediante una agregación ponderada de indicadores parciales que representan las nueve dimensiones de las que se compone el indicador sintético. Las dimensiones incluidas han sido seleccionadas por su capacidad para describir la realidad de las ciudades, tanto en lo que respecta a su sostenibilidad como a la calidad de vida que ofrecen a sus habitantes. Así, las dimensiones incluidas en el *ICIM* son: gobernanza, economía, cohesión social, capital humano, proyección internacional, tecnología, planificación urbana, movilidad y transporte, y medio ambiente.

Los indicadores parciales que representan cada dimensión también son indicadores sintéticos, quedando definidos como agregaciones ponderadas de indicadores relacionados con factores específicos a

cada dimensión. La dimensión de movilidad y transporte del *ICIM* está compuesta por trece indicadores parciales que actúan como *proxies* del desarrollo y versatilidad de la movilidad urbana. La descripción detallada de cada indicador, sus unidades de medida y las fuentes de información empleadas, pueden encontrarse en el Anexo I.

El proceso de cálculo del *ICIM* se establece acorde a la modelización definida por Berrone y Ricart (2014), utilizando la técnica DP2. Esta metodología emplea distancias –definidas como la diferencia entre el valor de un indicador y un valor tomado como referencia u objetivo– para solucionar los problemas derivados de la heterogeneidad de unidades de medida incluidas en el cálculo (1). Según esta metodología, los indicadores sintéticos de cada dimensión d para el período t vienen dados por la siguiente fórmula:

$$ID_{d,i} = \sum_{j=1}^n \frac{x_{dij} - \bar{x}_{dj}}{\sigma_{dj}} (1 - R_{j,j-1,j-2,\dots,1}^2) \quad [1]$$

Donde x_{dij} es la variable j de la dimensión d para la ciudad i ; σ_{dj} es la desviación típica de la variable x_{dij} ; y $R_{j,j-1,j-2,\dots,1}^2$, los coeficientes de determinación múltiple de la regresión lineal de la variable x_{dij} respecto de las variables x_{ds} , siendo $s \in \{j-1, j-2, \dots, 1\}$ de tal forma que $R_1^2 = 0$.

Las regresiones de las que derivan los $R_{j,j-1,j-2,\dots,1}^2$, para cada dimensión d , se generan en etapas consecutivas con el siguiente modelo:

$$x_{2d} = x_{1d}\beta_{1d} + \mu_{2d} \quad [2]$$

$$x_{3d} = x_{1d}\beta_{1d} + x_{2d}\beta_{2d} + \mu_{3d} \quad [3]$$

$$x_{nd} = x_{1d}\beta_{1d} + x_{2d}\beta_{2d} + \dots + x_{nd}\beta_{nd} + \mu_{nd} \quad [4]$$

Los subíndices 1, 2, 3, ..., n corresponden al orden en el que las variables fueron incluidas en cada etapa para calcular los ponderadores. Para establecer el orden anterior, se consideró la relevancia teórica que cada variable tiene en la medida de la dimensión donde se incluye (2).

Habiendo obtenido los índices sintéticos para cada dimensión, se procede al cálculo del *ICIM*. En este caso, los indicadores sintéticos de cada dimensión se ponderarán por el factor $(1 - R_{j,j-1,j-2,\dots,1}^2)$:

$$ICIM_t = \sum_{j=1}^9 \frac{d_{jt}}{\sigma_{jt}} (1 - R_{9,8,7,\dots,1}^2) \quad [5]$$

Así, d_{jt} se define como la distancia desde el valor del indicador sintético de la dimensión j para el período t (ID_{jt}) hasta el valor promedio de ese indicador; y σ_j , corresponde a la desviación típica del indicador sintético de la dimensión j . Adicionalmente, $R_{9,8,7,\dots,1}^2$, se referirá a los coeficientes de determinación múltiple de la regresión lineal para el indicador de la dimensión j , respecto de los indicadores ID_s , con $s \in \{8,7,6,\dots,1\}$ siendo $R_1^2 = 0$.

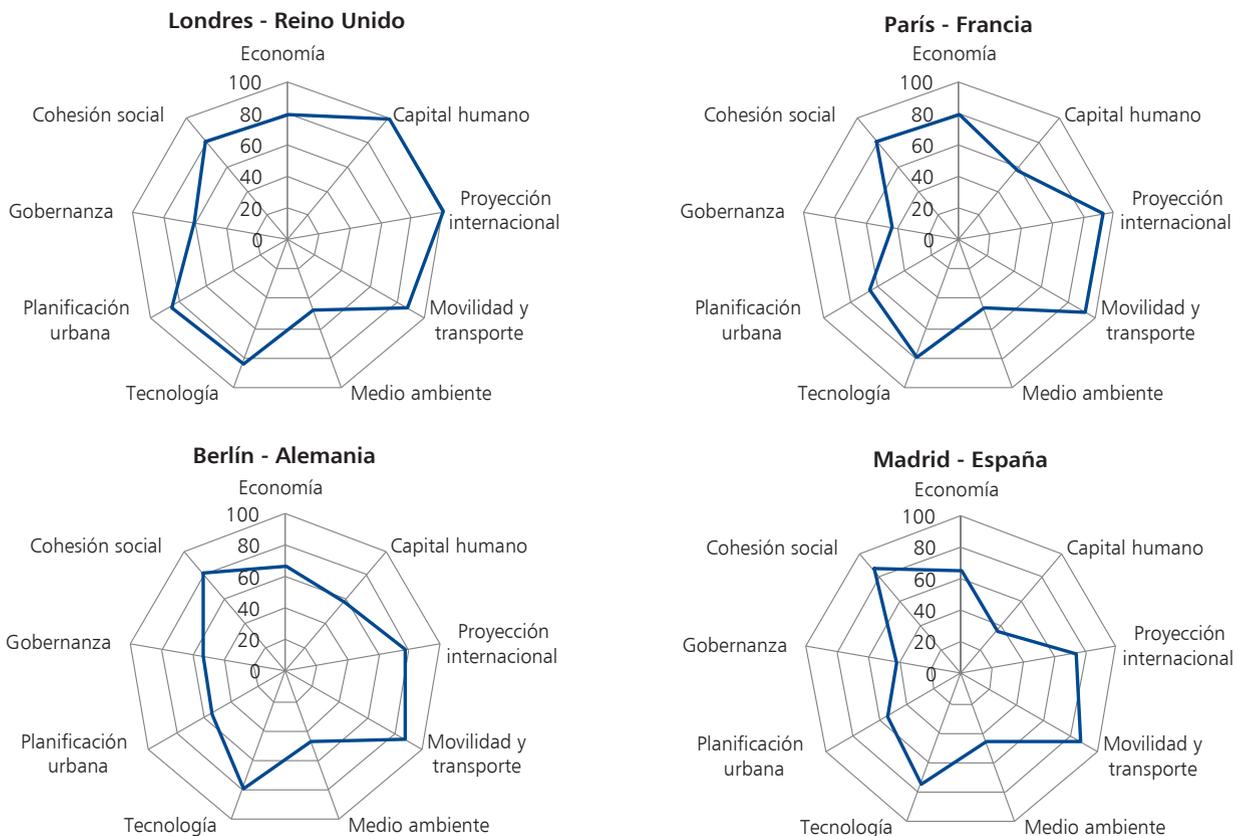
Los procedimientos adoptados para el cálculo del índice implican que tanto los indicadores sintéticos de cada dimensión como el *ICIM* quedan expresados en los valores correspondientes a las normalizaciones empleadas –en este caso, la distancia respecto del valor medio corregido por la desviación estándar–. Para facilitar la interpretación de los resultados, se procede al cambio de escala del valor de los indicadores (3). Resultante de este método de cálculo, se obtienen los

rendimientos finales del *ICIM* para cada dimensión. A modo de ejemplo, quedan plasmados estos rendimientos para cuatro capitales europeas en el gráfico 1.

En esta línea, el cuadro n.º 1 presenta las 20 ciudades con mejor *ranking* en el *ICIM* 2020 –en la dimensión de movilidad y transporte– seguidas por la posición global en el *ranking ICIM*. Se hace evidente así que las ciudades europeas dominan el *ICIM* en área de movilidad y transporte –correspondiendo a 15 de los 20 primeros puestos del índice–.

En el *ICIM* 2020 se evaluaron 74 ciudades europeas, cuya situación en el *ranking* de la dimensión de movilidad queda a su vez reflejada en el gráfico 2. Se aprecia así que el progreso hacia la movilidad sostenible es muy desigual a través del continente, con una creciente brecha entre las grandes capitales de Europa occidental y las demás ciudades

GRÁFICO 1
ICIM 2020: LONDRES, PARÍS, BERLÍN Y MADRID



Fuente: Índice *Cities in Motion* 2020.

CUADRO N.º 1

RANKING ICIM 2020 – MOVILIDAD Y TRANSPORTE

CIUDAD	PAÍS	MOVILIDAD Y TRANSPORTE	ICIM
<i>Nueva York</i>	Estados Unidos	1	2
<i>París</i>	Francia	2	3
<i>Londres</i>	Gran Bretaña	3	1
<i>Berlín</i>	Alemania	4	7
<i>Madrid</i>	España	5	25
<i>Múnich</i>	Alemania	6	24
<i>Viena</i>	Austria	7	18
<i>Beijing</i>	China	8	84
<i>Barcelona</i>	España	9	26
<i>Shanghái</i>	China	10	58
<i>Ámsterdam</i>	Países Bajos	11	8
<i>Hamburgo</i>	Alemania	12	29
<i>Shenzhen</i>	China	13	109
<i>Milán</i>	Italia	14	42
<i>Estocolmo</i>	Suecia	15	14
<i>Bruselas</i>	Bélgica	16	41
<i>Fráncfort</i>	Alemania	17	32
<i>Dusseldorf</i>	Alemania	18	46
<i>Taipéi</i>	Taiwán	19	27
<i>Valencia</i>	España	20	60

Nota: Se reflejan las ciudades europeas en cursiva.
Fuente: Índice Cities in Motion 2020.

GRÁFICO 2
RANKING EN LA DIMENSIÓN DE MOVILIDAD DE LAS CIUDADES EUROPEAS, ICIM 2020



Fuente: Índice Cities in Motion 2020.

europeas (György, Attila y Tamás 2017; Smeds y Jones, 2020). A esto se une la separación entre las grandes ciudades y capitales –que tienen una mayor capacidad institucional para implementar planes de movilidad sostenible– y los núcleos urbanos periféricos y pequeños municipios –que se enfrentan a problemas añadidos en este frente–.

El *ICIM* ofrece una métrica para diagnosticar la situación actual de las ciudades europeas en dimensiones claves de la vida urbana, estableciendo una base sobre la cual los Gobiernos urbanos pueden tanto desarrollar medidas específicas a las necesidades de su ciudad como aprender de las experiencias de ciudades similares incluidas en el *ranking*. En esta línea, se procederá a explorar las tendencias reflejadas en el *ICIM* 2020.

IV. MODELO DE GESTIÓN URBANA INTELIGENTE

Contextualizaremos los datos reflejados en los indicadores del *ICIM* en términos del «Modelo de gestión urbana inteligente», que define áreas de acción que los Gobiernos urbanos pueden buscar afectar al implementar proyectos y soluciones a los desafíos de sus ciudades. Estas áreas –representadas en el gráfico 3– son: la infraestructura y planificación urbana, la tecnología e innovación, los hábitos y comportamientos de sus ciudadanos, el entorno jurídico y regulatorio, y los nuevos modelos de negocios.

GRÁFICO 3
MODELO DE GESTIÓN URBANA INTELIGENTE



Fuente: Elaboración propia.

Cada una de las secciones del modelo incluye medidas que deben integrarse para crear ecosistemas urbanos que se complementen y funcionen. Así, se explora también la gobernanza urbana como medio transversal que conecte e integre estas áreas de acción. Por último, se examinarán las implicaciones de estas tendencias en lo que respecta al futuro de la movilidad sostenible.

1. Infraestructura y planificación urbana

Las ciudades europeas presentan una variedad de planos urbanos, pero tienen en común que a lo largo del último centenario han evolucionado para adaptarse al uso del automóvil. En el *ICIM*, los índices de tráfico, ineficiencia de tráfico, y tráfico exponencial reflejan la insatisfacción que la congestión y los atascos generan en los viajeros. Estos influyen de forma negativa en la dimensión de movilidad urbana, quedando ejemplificados en ciudades como París o Londres que lideran estas métricas en el continente.

Actualmente, se observa un cambio de tendencia en la planificación estratégica de la movilidad en las ciudades europeas. Cada vez más, se adopta una visión a largo plazo por medio del desarrollo de planes de movilidad urbana sostenible (PMUS), que buscan reducir el uso del automóvil y favorecer nuevas alternativas de movilidad para controlar el tráfico y recuperar espacio urbano. Esto conlleva la implementación de cambios en la infraestructura y el diseño urbano. Entre los más destacados están la ciudad de 15 minutos y los *Superblocks*.

La ciudad de 15 minutos (The 15-minute city) es un concepto introducido por Carlos Moreno y popularizado como piedra angular de la campaña de reelección de la alcaldesa de París, Anne Hidalgo. El concepto propone una visión de una ciudad descentralizada, donde cada barrio opera como una ciudad en miniatura y los servicios están disponibles a no más de 15 minutos de distancia a pie, en bicicleta, o por medios similares. Así, se propone como objetivo mejorar la calidad de vida mediante la creación de tejidos urbanos más humanos (Moreno *et al.*, 2021). París se ha convertido en el precursor de este planteamiento de la ciudad, que ha recibido un nuevo impulso con la pandemia.

Sin embargo, la ciudad de 15 minutos también ha sido acusada de ser inaccesible social y económicamente. Se ha planteado que el concepto no

contempla las necesidades de movilidad de personas discapacitadas y de aquellas que no tienen los medios para vivir en los densos barrios centrales de la ciudad. Por ello, Zivarts (2021) y O'Sullivan (2021) han afirmado que este concepto de la ciudad puede acelerar la gentrificación. Aunque la ciudad de los 15 minutos será, sin duda, importante en la planificación urbana europea de los años venideros, queda por ver cómo se enfrentará a los posibles efectos económicos y sociales de su implementación.

Por otro lado, los *Superblocks*, una iniciativa de la ciudad de Barcelona implementada bajo el liderazgo de la alcaldesa Ada Colau, proponen la transformación de calles en bloques de espacio peatonal. El objetivo es tanto reducir la presencia de los coches en la ciudad como devolver parte del espacio urbano a peatones, ciclistas y vecinos. Así, el tráfico queda redirigido alrededor de un perímetro, con las calles interiores reconvirtiéndose en parques o zonas peatonales. En 2016, el Poblenou fue el primer barrio que experimentó esta transformación. Desde entonces, se han establecido cuatro nuevos *Superblocks* en otros barrios de Barcelona, algunos de los cuales están en expansión. A largo plazo, se ha propuesto crear 503 *Superblocks* en la ciudad. Se estima que los primeros *Superblocks* han aumentado los trayectos a pie un 10 por 100 y el ciclismo un 30 por 100 (Sisson, 2020) y han generado mejoras en salud pública (Mueller *et al.*, 2020). El Banco Europeo de Inversiones ha financiado con aproximadamente 24 millones de euros la expansión de los *Superblocks* como un plan de recuperación económica pospandemia (European Investment Bank, 2020b).

Estas alternativas se presentan como formas de reducir el tráfico de coches en los centros urbanos, siendo Milán, Gante y Utrecht ciudades pioneras en este tipo de proyectos. Esto también puede conseguirse desincentivando el uso del automóvil a través de cambios en el espacio urbano más tradicionales. Oslo ha eliminado cientos de plazas de aparcamiento, y en paralelo ha reforzado su transporte público y la infraestructura de carriles para bicicletas (Elvaas, 2020). Utrecht está construyendo un barrio donde sus 12.000 residentes tendrán de media un solo coche privado o compartido por cada tres familias (Herranz, 2020; Hurk *et al.*, 2021). Ámsterdam tiene objetivos aún más ambiciosos, buscando ser la primera ciudad europea neutra en emisiones. La ciudad ha desarrollado la agenda «Ámsterdam Autoluw», que eliminará hasta 10.000 espacios de

aparcamiento, reconvertirá calles en carriles bici o espacios verdes, y prohibirá los vehículos de gasolina y diésel en la ciudad antes de 2030 (Township Amsterdam, 2021).

Estos cambios en la infraestructura y planificación urbana permitirán priorizar modos de transporte más sostenibles, pero conllevan fuertes inversiones y cambios en la distribución física de la ciudad. La tecnología abre la puerta a alternativas innovadoras que pueden cambiar el *mix* de movilidad de sus ciudades y facilitar el cambio de hábitos en la movilidad.

2. Tecnología e innovación y hábitos y comportamientos

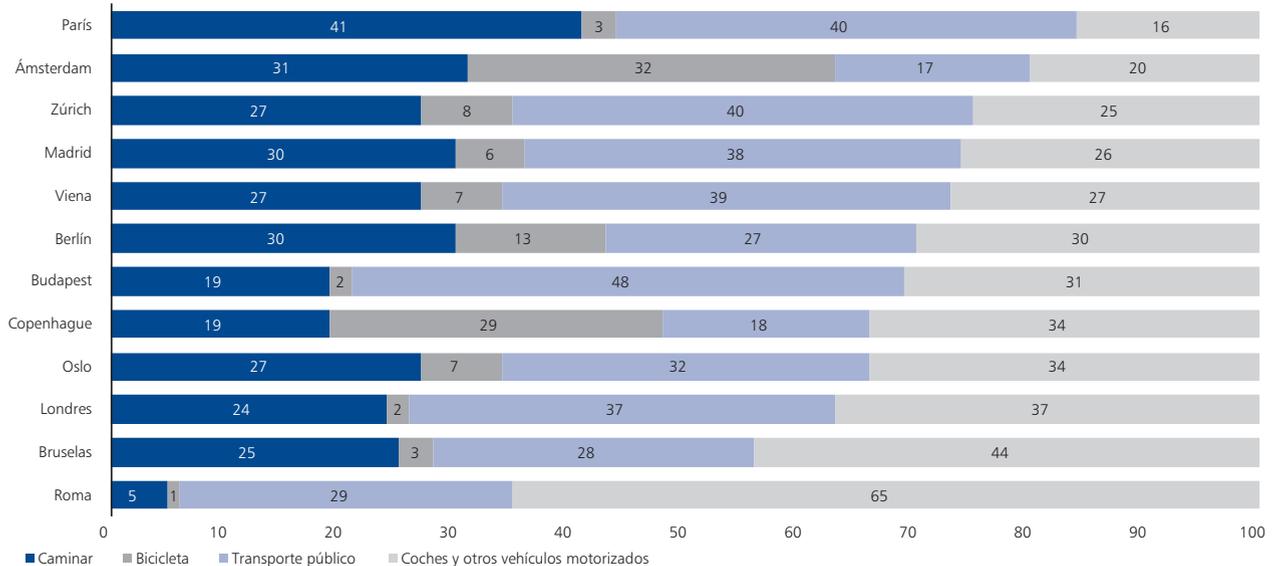
Estudios realizados por Cavoli (2015), Wittwer y Gerike (2016), y Teoh, Ancaes y Jones (2020) han evidenciado que las grandes capitales europeas y algunas ciudades medias han visto un descenso en el uso de automóviles privados desde el 2000. Sin embargo, el Tribunal de Cuentas Europeo demuestra que, pese a esto, en la mayoría de las ciudades europeas la tendencia parece haber sido la contraria

(European Court of Auditors, 2020). Actualmente, no se puede afirmar que se haya producido un cambio de paradigma en el uso del automóvil. Según Focas y Christidis (2017), algunas ciudades de Europa occidental parecen haber llegado al punto máximo de su uso, mientras que otras, sobre todo el Europa del Este, continúan experimentando un crecimiento significativo. Esto queda reflejado en la dimensión de movilidad del *ICIM*, donde permite explicar que las ciudades de Europa del Este queden fuera de los cincuenta primeros puestos del *ranking*, con la única excepción de Praga en el puesto treinta y nueve.

En respuesta, muchas ciudades han comenzado a desarrollar respuestas innovadoras para cambiar su *mix* de movilidad –es decir, la distribución de los viajes realizados por cada medio de transporte– promoviendo opciones de transporte alternativas y cambiando los comportamientos de movilidad de sus residentes. Pese a ello, como se aprecia en el gráfico 4, se observan diferencias notables en la distribución modal de movilidad entre ciudades europeas.

Como establece Gössling (2020), para cambiar el *mix* modal del transporte en las ciudades es ne-

GRÁFICO 4
DISTRIBUCIÓN MODAL DE TRANSPORTE EN CIUDADES EUROPEAS
(Porcentaje)



Nota: Pueden existir dificultades de comparabilidad en los datos recibidos de distintas ciudades debido a diferentes metodologías de recopilación de datos, así como el cambio rápido que la distribución modal de transporte experimenta en estas ciudades. Los datos ofrecidos provienen de las oficinas de movilidad de cada ciudad, siendo la mayoría correspondientes a períodos hasta el 2016.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Kodukula et al. (2018).

cesario desincentivar la conducción a la vez que se promueven otros métodos de movilidad, ya que los ciudadanos siempre compararán sus opciones al plantear sus viajes.

Así, gran parte de la estrategia de movilidad sostenible de las ciudades se basa en aumentar el uso del transporte público y el transporte activo –andar, montar en bicicleta, etc.–. Entre estas opciones, las ciudades europeas, a menudo, intentan promover el transporte público como pilar fundamental de su sistema de movilidad urbana. Antes de la pandemia, se estima que los pasajeros europeos realizaban 60.000 millones de viajes al año en transporte público, contribuyendo desde 130.000 a 150.000 millones de euros anuales a la economía europea (United Nations Economic Commission for Europe, 2021). Cigu, Agheorghiesei y Toader (2019) incluso evidencian una correlación entre la inversión en infraestructura de transporte y el crecimiento económico en países europeos desde el 2000 al 2014, estando gran parte de esta inversión concentrada en la mejora de los servicios de transporte público. Algunas ciudades como Luxemburgo, Tallin, Dunkerque y Heidelberg han hecho su transporte público gratuito, para incentivar su uso y mejorar la inclusión urbana. El desarrollo del sistema de transporte público es testimonio de la inversión y compromiso con la movilidad urbana, por lo que queda reflejado en positivo en el *ICIM*, particularmente en lo que se refiere al número de estaciones de metro y la longitud del sistema.

En lo que respecta a la movilidad activa, las ciudades tienen incentivos fuertes para promover alternativas como andar o usar la bicicleta. Estudios de gran escala como el de Chekroud *et al.* (2018) han correlacionado el ejercicio con mejoras en la salud mental y física. En esta línea, muchas ciudades europeas están implementando políticas de movilidad y salud pública de forma coordinada. Un ejemplo es Rotterdam, que ha establecido su plan «Rotterdam Camina 2025: el peatón en un pedestal» como un enfoque integrado destinado a capitalizar los beneficios de salud pública derivados de la movilidad activa (City of Rotterdam, 2020). Con el mismo fin, el plan de movilidad de Londres tiene como objetivo que todos sus residentes realicen al menos 20 minutos de movilidad activa al día, y que el 70 por 100 vivan en un radio de menos de 400 metros de la red ciclista de la ciudad (United Nations Economic Commission for Europe, 2021). Otro ejemplo notable es Copenhague, ya un cono-

cido caso de éxito. Copenhague basó su transición hacia una ciudad ciclista en una fuerte inversión en infraestructura –alrededor de 40 euros por persona anuales– y una estrategia de comunicación positiva, que buscaba crear una identidad y cultura urbana alrededor del ciclismo (Gössling, 2020). Otras ciudades europeas como Helsinki, Utrecht, Ámsterdam y Viena también han invertido fuertemente en esta transición. Es por esto, que, 14 de las 15 mejores ciudades para montar en bicicleta del mundo están en Europa (Coya, 2019; Copenhagenize, 2019).

En paralelo, las ciudades europeas también han tomado medidas para hacer menos cómodo y asequible el uso del automóvil. Dos de las principales herramientas usadas con este fin han sido la fijación de precios por congestión y la delimitación de zonas con tráfico reducido o de bajas emisiones en la ciudad, por ejemplo, en Milán, Madrid, Roma, París y Londres (Cornago, Dimitropoulos y Oueslati, 2019; Ku *et al.*, 2020). Particularmente, Londres ha sido una ciudad pionera en la imposición de controles sobre el uso de vehículos urbanos, comenzando a limitar el tráfico en el centro urbano desde 2003, y aplicando tarifas de congestión que cobran a los automovilistas por circular en ciertas áreas, con el fin de reducir el tráfico en las horas de mayor actividad (Tang, 2021). París tiene una política similar, Paris-Respire, que desde 2017 limita la circulación en domingos y días festivos, así como una zona de bajas emisiones y un sistema de clasificación de vehículos por su nivel de emisiones, que delimita su acceso a ciertas partes de la ciudad (Bernard *et al.*, 2020). Con muchas de las mismas medidas, Madrid estableció su propia zona de bajas emisiones, Madrid Central, identificado como caso de éxito (Lebrusán y Toutouh, 2020; Salas *et al.*, 2021). Actualmente, existen zonas de bajas emisiones en casi 300 ciudades europeas (Abdullah y Serrano Robles, 2021).

Muchas ciudades europeas están buscando también promover la electrificación del transporte. Aunque esto no supone un cambio directo en el *mix* de movilidad, permite reducir emisiones. Así, proyectos europeos como el «Zero Emission Urban Bus System (ZeEUS)» han equipado a ciudades como Varsovia con flotas de autobuses eléctricos. La mayor barrera para este medio de transporte es la inversión necesaria en infraestructuras de carga. Sin embargo, ciudades como Ámsterdam –que construye estaciones públicas de carga según lo pidan los conductores y proporciona subsidios para las estaciones privadas– están consiguiendo aumen-

tar el uso de vehículos eléctricos en el plano urbano (Hall, Moultak y Lutsey, 2017).

Tendencias similares aparecen con la automatización, pero de forma mucho más preliminar y con reducido alcance de momento. Aun así, las ciudades europeas deberán anticiparse a los efectos sociales y económicos de la movilidad automatizada. La movilidad autónoma tiene un potencial importante, pudiendo contribuir a mejorar la seguridad vial, al eliminar el error humano que influye en el 94 por 100 de los accidentes, reduciendo los costes del transporte, y fomentando el uso de vehículos compartidos (Comisión Europea, 2018). Sin embargo, también pueden tener efectos negativos, aumentando el número de desplazamientos y el tráfico. Las ciudades europeas se están preparando para esta tecnología mediante proyectos como *SHOW (SHared automation Operating models for Worldwide adoption)*, ya testeando proyectos locales de movilidad automatizada en ciudades como Aachen, Karlsruhe y Mannheim.

Así, las políticas locales se usan para impulsar cambios en el comportamiento de los residentes por medio de innovaciones, incentivos o subvenciones a favor de alternativas más sostenibles. Un ejemplo común en las ciudades europeas es que el aparcamiento sea gratis para coches eléctricos o se subvencione el uso de bicicletas compartidas. Estos cambios de comportamiento por parte de los residentes urbanos serán fundamentales para alterar los patrones de movilidad a largo plazo.

Asimismo, para progresar hacia una movilidad sostenible se debe ir más allá de la adopción de nuevas tecnologías y cambios en el comportamiento de los ciudadanos. Estos cambios han de facilitarse por medio de nuevos enfoques jurídicos y regulatorios que permitan coordinar los esfuerzos del sector público en materia de movilidad, desde los Gobiernos locales hasta la UE.

3. Entorno jurídico y regulatorio

El futuro de la movilidad sostenible en Europa vendrá dado, en gran medida, por cambios en las políticas, la legislación, y la regulación tanto a nivel local como internacional. A nivel local, esto requerirá avances en la accesibilidad del transporte, la coordinación de los servicios de movilidad, el desarrollo de sistemas de consulta pública, y la implementación de incentivos que favorezcan cam-

bios de hábitos en los residentes urbanos. A nivel internacional, la UE deberá apoyar la financiación y capacitación de Gobiernos locales por medio de políticas coordinadas pero flexibles, que se adapten a los distintos sistemas de transporte, objetivos y modos de gobernanza presentes en las ciudades del continente.

Las nuevas políticas públicas de movilidad han ido dirigidas a procesos de integración del transporte en las áreas metropolitanas, buscando manejar la complejidad de los patrones de movilidad actuales. Así, se busca favorecer la cooperación entre ciudades y municipios promoviendo la gobernanza multinivel. Sin embargo, en los últimos años se aprecian nuevas fuerzas que alteran los objetivos con los que se regula la toma de decisiones sobre movilidad, principalmente marcadas por nuevas tendencias, comportamientos, y valores asociados al movimiento de personas. Así, se priorizan objetivos más allá solo de los ambientales, particularmente aquellos relacionados con la accesibilidad y la tecnología e innovación.

La promoción de la movilidad sostenible incluye el acceso real a la movilidad para todas las personas. En esa línea, las estrategias de movilidad europeas ponen cada vez más interés en los valores de la accesibilidad, inclusividad y seguridad. Con este fin, los impulsos hacia una «Europa sin barreras» han recurrido al principio del diseño universal al establecer rutas de transporte, vehículos e información de tránsito adaptada a distintas necesidades (Denninghaus, 2018). La renovada importancia de la accesibilidad va asociada tanto a un reconocimiento de los derechos de colectivos vulnerables como a los cambios demográficos que experimenta Europa, con una población cada vez más envejecida y por ende un mayor número de personas con movilidad reducida.

Otra de las tendencias fundamentales en la transformación de la movilidad urbana ha sido la digitalización de la misma. Esto presenta tanto desafíos como oportunidades para las redes de transporte urbano. Por un lado, permite cambiar la forma en la que se planifican los sistemas de movilidad de la ciudad –cada vez más conectados y automatizados– optimizando las alternativas de transporte disponibles. Por otro, no todas las aplicaciones derivadas de la tecnología son útiles para la movilidad sostenible. De hecho, la forma en la que la tecnología ha hecho al tráfico más eficiente puede ser contraproducente. Para las ciudades europeas, interesadas en reducir el uso de auto-

móviles, esto dificulta la disuasión de su uso en los centros urbanos. Así, a veces las eficiencias derivadas de la tecnología pueden complicar la transición del tráfico tradicional a la gestión de redes multimodales. Por ello, es importante recordar que la innovación no es solo tecnológica, sino que puede surgir en la forma en la que se configuran las políticas públicas o la forma en la que se involucran y colaboran los actores de la movilidad urbana.

Una forma de asegurar que los avances tecnológicos en movilidad no comprometan los objetivos sociales y ambientales es a través de la participación activa de la ciudadanía. Así, se favorece que sea la ciudadanía quien guíe las prioridades de la política pública. Un ejemplo de esto es Roma, que diseñó su Plan de Movilidad Urbana Sostenible priorizando la participación de sus residentes y la cocreación de soluciones a lo largo de un proceso de dos años. En este período, lanzó un portal de participación, reuniones públicas y otras acciones promocionales, recibiendo más de 4.000 propuestas, 3.000 comentarios, y 43.600 interacciones (Figg, 2020). Así, se evidencia el potencial de la colaboración ciudadana y se capitaliza el apoyo popular a la adopción de nuevas políticas de transporte urbano, que ha visto un aumento durante la pandemia (Posaner, Cokelaere y Hernández-Morales, 2020).

A nivel internacional, la UE favorece iniciativas locales que promueven la accesibilidad con apoyos económicos y premios en reconocimiento a buenas prácticas locales, facilitando su replicabilidad en otras ciudades. La UE tiene una larga trayectoria potenciando significativamente la inversión, investigación, y replicabilidad en temas de movilidad sostenible, desde su delimitación del proyecto de un espacio único europeo de transporte en 2011, hasta el comienzo de los Planes de Movilidad Urbana Sostenible en 2013 y la aprobación del Pacto Verde Europeo en 2019 (Haarstad, 2016; Abdullah, 2021). Mediante el premio *Access City*, reconoce los esfuerzos y capacidad de ciudades europeas en materia de accesibilidad, e incluye como ganadores recientes a ciudades tan variadas como Jönköping en Suecia, Varsovia en Polonia, y Breda en los Países Bajos (European Commission, 2020). De forma similar, apoya los valores de resiliencia y seguridad por medio de la propagación de iniciativas que buscan reducir los accidentes urbanos y las muertes que generan a cero. Asociado a esto están iniciativas como la ciudad de los 30 km por hora, una reducción de velocidad en la ciudad que llevó a Bilbao a ganar el Premio de Seguridad Vial de la UE

al implementarse en el 100 por 100 de sus calles, y que está presente a diferentes niveles en otras ciudades europeas como Bruselas (Eurocities, 2021).

En esta línea, la UE ha invertido unos 16,5 billones de euros de fondos estructurales de forma directa o indirecta en materia de transporte urbano en el período de 2014 a 2020, principalmente en transporte público, infraestructura de movilidad activa, y sistemas de transporte inteligentes (Lozzi, Rodrigues, Marcucci *et al.*, 2020). El programa Horizon 2020 se estableció como el programa europeo principal de investigación e innovación, con un área temática específica dedicada al transporte inteligente, sostenible e integrado con 6,3 billones de euros de presupuesto. Además, la UE ha creado organismos para coordinar proyectos relacionados con la movilidad urbana, bajo iniciativas como CIVITAS, Interreg, Urban Innovative Actions (UIA), y URBACT. Algunos de estos programas, como Interreg, se centran en la implementación de proyectos, mientras que otros, como URBACT, van dirigidos a compartir mejores prácticas entre ciudades.

Estos marcos regulatorios y de gobernanza permitirán movilizar de forma eficiente las alternativas de movilidad disponibles. Asimismo, también tienen el potencial de facilitar el desarrollo de nuevos modelos comerciales que buscan optimizar la movilidad por medio de ofertas más flexibles y adaptadas a la diversidad urbana. Efectivamente, las ciudades europeas están activamente alineando sus facetas operativas –en términos de infraestructura y tecnología– y tácticas –relacionadas con cambios regulatorios e incentivos para alterar los hábitos de sus residentes– de gobernanza para poder manejar el auge de nuevos sistemas de movilidad sostenible.

4. Nuevos modelos de negocios

La micromovilidad y la movilidad compartida son los nuevos modelos de negocio que más impacto han tenido en el desarrollo de la nueva movilidad urbana. Ambas quedan reflejadas en el *ICIM* por los indicadores correspondientes a los servicios de alquiler de bicicletas, ciclomotores y *scooters*, y el indicador *bike sharing*, que inciden positivamente en el índice al reflejar la variedad de modos de transporte disponibles. Estos indicadores son de incorporación reciente al *ICIM*, y reflejan las tendencias de movilidad emergentes en ciudades europeas (Münzel *et al.*, 2020), por lo que los examinaremos en más detalle.

La movilidad compartida, la micromovilidad y el *Mobility as a Service (MaaS)* son conceptos recientes de movilidad que se superponen e interactúan como parte del ecosistema de transporte de las ciudades europeas. Estos nuevos modelos de negocio han surgido de mano de las TIC (tecnologías de la información y comunicación), favoreciendo la creciente interconectividad y versatilidad de los sistemas de movilidad urbanos.

La *micromovilidad* se refiere a los desplazamientos por medio de transportes normalmente pequeños, ligeros y de relativamente baja velocidad, como bicicletas o *scooters*. Estas alternativas se usan principalmente en viajes de corta distancia como alternativa al automóvil y ofrecen una solución de menor impacto medioambiental que, a su vez, reducen la congestión. Además, permiten atender un problema clave de la movilidad urbana, la primera y última milla de un trayecto, normalmente no conectada vía los medios de transporte primarios. Sin embargo, las ciudades europeas no están aún preparadas para la adopción en masa de la micromovilidad. Permanecen necesidades importantes tanto en términos de infraestructura como de marcos regulatorios diferenciales para cada medio de transporte. Según Zagorskas y Burinskienė (2020), esto es clave para mantener la seguridad vial, especialmente con la incorporación de nuevos vehículos de micromovilidad eléctricos; a pesar de alcanzar velocidades significativas a veces no requieren ni licencia ni casco para su utilización.

Pese a estas dificultades, se ha mostrado un claro compromiso político en la promoción de la micromovilidad y estos servicios están viendo una rápida expansión. Las ciudades están invirtiendo en nuevas rutas, infraestructuras, y servicios relacionados con la micromovilidad, tanto propios como apoyando a proveedores privados. En esta línea, Bruselas planea ampliar la red de aparcamientos de bicicletas antes de 2030 como parte de su programa Good Move y París introdujo un servicio público de bicicletas compartidas llamado Vélib, que actualmente tiene más de 400.000 suscriptores y un coste subvencionado que proporciona viajes ilimitados por solo 3,10 euros al mes.

Asimismo, el concepto de transporte está evolucionando hacia un sistema más amplio que ve la movilidad como servicio, el concepto emergente de *Mobility as a Service (MaaS)*. Este enfoque sitúa a los usuarios en el centro del sistema ofreciendo soluciones de movilidad personalizadas y multimo-

dales. El *MaaS* conecta el punto de origen del viaje hasta el destino final, utilizando todos los modos de transporte disponibles, e integrando la planificación y el pago del trayecto (Bellini *et al.*, 2019). El objetivo es que el *MaaS* ofrezca una alternativa real al automóvil privado.

Según Mulley y Nelson (2020), en la transición hacia el *MaaS* será la variedad de componentes que integran el sistema de movilidad, y los operadores de los mismos, quienes determinarán la vitalidad del ecosistema. Así, se evidencia la necesidad de integrar el máximo número de opciones de modo posibles; maximizando el alcance, conectividad y la variedad de las opciones disponibles. Sin embargo, precisamente uno de los grandes desafíos para el *MaaS* es la agrupación de la información y los operadores de la movilidad urbana en una sola aplicación. Vancluysen (2021) atribuye esto al requerimiento del intercambio de datos entre operadores muchas veces con intereses comerciales en competencia, o con reservas respecto al acceso a esta información. Otra barrera puede ser la resistencia de algunos operadores a la participación en el sistema, ya que estos actores privados buscan un reconocimiento diferencial como líderes en movilidad, y pueden buscar crear sus propias plataformas de *MaaS* integrando los medios de movilidad que tienen en propiedad.

Finalmente, emergen fuertes complicaciones en la cooperación entre actores públicos y privados, debido a la diferencia en los objetivos que persiguen. Los operadores y proveedores privados de *MaaS* no suelen estar guiados puramente por el bien social, sino por el beneficio económico (Hörcher y Graham, 2020). Por ello, el sector público tiene un papel importante en el desarrollo de los sistemas de *MaaS*, tenga o no un rol operativo. Sin intervención pública, el *MaaS* puede priorizar la monetización antes que la sostenibilidad. Por ejemplo, caminar no es monetizable, por lo que el sistema de *MaaS* puede incentivar un medio alternativo, menos sostenible y saludable. Así, los Gobiernos urbanos tendrán que adoptar un rol activo en el desarrollo de estas nuevas alternativas de movilidad y establecer nuevos proyectos de colaboración público-privada para garantizar la gobernanza sostenible del *MaaS* y la alineación del mismo con los objetivos climáticos y sociales de la ciudad (Smith *et al.*, 2019).

Pese a estas dificultades, algunas ciudades europeas ya han comenzado a pilotar programas con empresas de *MaaS*. Trafi maneja sistemas de *MaaS*

al servicio de las oficinas de transporte de ciudades de Berlín, Múnich, Vilnius, Zúrich, Basilea y Berna. De forma similar, Whim opera en las ciudades de Helsinki, Turku, y Viena, entre otras. Aun así, el nivel real de implementación del *MaaS* sigue siendo bastante pequeño –en parte por el pronunciado nivel de fragmentación del sector de la movilidad en Europa, que complica los esfuerzos de integración (Renninger y Wahlig, 2020)–. Asimismo, Muller *et al.* (2021) establecen las dificultades de predecir las interacciones del sistema de transporte, lo que puede hacer que el *MaaS* aborde un problema, pero en paralelo exacerbe otro. Así, aunque el *MaaS* se considere un concepto con un importante potencial, queda por ver hasta el punto en el que logrará ser implementado en diferentes ciudades.

Pese a su reciente desarrollo, estos modelos de negocio representan fuerzas transformadoras de la movilidad urbana, habiendo surgido directamente en respuesta a las tendencias exploradas en otras secciones del modelo de gestión urbana inteligente. Así, estas propuestas de movilidad nacen de los avances tecnológicos y la digitalización del transporte, para responder a los cambios en la infraestructura y planificación urbana que buscan reducir el número de automóviles en los centros urbanos, y a los nuevos hábitos de la ciudadanía, que priorizan modelos flexibles, personalizados, e interconectados de movilidad. De forma similar, estos desarrollos han ocurrido de forma rápida y a menudo experimental, obligando a modificar el entorno jurídico y regulatorio de la movilidad urbana. Sin embargo, aunque la conexión entre estas áreas es clara, queda explorar el elemento transversal que permite su coordinación y desarrollo estratégico, la gobernanza.

V. GOBERNANZA

Aunque la complejidad de los nuevos sistemas de movilidad urbana necesita de innovaciones tecnológicas y nuevas propuestas de movilidad, son igualmente necesarias las innovaciones en gobernanza para poder avanzar hacia los objetivos europeos de movilidad sostenible. La gobernanza, sea local o internacional, será quien guíe, regule y facilite la adopción de nuevos elementos del sistema de movilidad, asegurando que se alineen con los objetivos sociales, económicos y medioambientales tanto de la ciudad como del continente. Así, la gobernanza urbana actúa como elemento integrador entre las áreas del modelo de gestión urbana inteligente mencionadas anteriormente. Para ello,

se deberá integrar la gobernanza de la movilidad con políticas urbanas más amplias, guiadas por una visión de sistemas.

Para ofrecer alternativas reales de movilidad sostenible en las siguientes décadas, el sector público tendrá que tomar un rol de liderazgo en esta transición. Los Gobiernos locales serán quienes aseguren que el ecosistema de movilidad provea el mayor valor posible a sus ciudadanos, haciendo hincapié en valores como la sostenibilidad, la equidad y la accesibilidad. Esto necesariamente implicará una alteración del rol tradicional de los Gobiernos urbanos. Las ciudades deberán redirigir sus esfuerzos desde una modalidad de dirección y control, basada principalmente en la planificación, operacionalización y financiación de la movilidad, a un rol más dinámico, actuando como coordinadores de un sistema complejo de movilidad urbana.

Así, los Gobiernos locales se enfrentan al reto considerable de moderar, manejar y coordinar ecosistemas de movilidad compuestos por múltiples actores urbanos públicos y privados. Las administraciones locales buscarán intervenir y encontrar sinergias entre los proveedores de transporte privado, grupos sociales vulnerables, y la ciudadanía en general, en el desarrollo de soluciones de movilidad. Por un lado, el sector público deberá asociarse con empresas privadas para cocrear la próxima generación de modelos de movilidad urbana sostenible, a la vez que asegura que las interacciones del sistema de movilidad mantengan una competición justa, sean coherentes con objetivos sociales, y avancen la sostenibilidad urbana, no la limiten. Un beneficio derivado de estas iniciativas público-privadas es que pueden facilitar la financiación de nuevas soluciones de movilidad sostenible. Sin embargo, estos sistemas tendrán que manejar el auge de nuevas alternativas sin comprometer los pilares sostenibles más tradicionales en movilidad urbana, como el transporte público.

Otro reto será que estas políticas deberán controlar el sistema sin comprometer su innovación. Los Gobiernos locales tienen la oportunidad de pasar a actuar como facilitadores de la innovación, posicionando sus ciudades como laboratorios para testear innovaciones tecnológicas, operativas y de gobernanza. Estas innovaciones deberán permitir la rápida emergencia de nuevos modelos de negocio en movilidad y la adaptación del plano urbano de forma acorde, por ejemplo, mediante la transformación de calles en espacios públicos, y el desarro-

llo de usos alternativos para la infraestructura de transporte existente. Esto implicará desarrollar marcos regulatorios flexibles, que puedan evolucionar en línea con tecnologías e innovaciones emergentes y eliminar barreras a la cooperación, de forma pragmática y proactiva. Para ello, será necesaria la integración de nuevas tendencias de transporte, como la micromovilidad y el desarrollo de nuevos modelos de cooperación público-privada (EIT Urban Mobility, 2021).

La participación pública –como usuarios, agentes y ciudadanos– en estas transformaciones será importante para evitar que las intervenciones públicas en favor de la sostenibilidad tengan consecuencias sociales no deseadas, como por ejemplo contribuir a la gentrificación. Así, para que las medidas de movilidad urbana sean realmente sostenibles, deberán integrar mecanismos de mitigación y justicia social (Abdullah y Serrano Robles, 2021). Estas políticas públicas deberán, a su vez, responder a los cambios de hábitos y comportamientos de la ciudadanía, que dictarán los futuros desarrollos de las alternativas de movilidad. Mediante incentivos, los Gobiernos urbanos pueden influir sobre estos comportamientos para ayudar a priorizar alternativas más sostenibles y coherentes con objetivos de salud pública.

Las ciudades tienen el potencial de liderar la transición hacia la nueva movilidad. Dentro de este proceso, la gobernanza será quien coordine y dirija el ecosistema de movilidad urbana de forma estratégica hacia los objetivos de descarbonización impulsados por la UE, a la vez que salvaguarda el bienestar social de sus residentes, e impulsa la innovación hacia el futuro de la movilidad sostenible en Europa.

VI. CONCLUSIONES

La movilidad sostenible es cada vez más importante en una Europa urbana. Los cambios sociales impulsados por la pandemia han alterado significativamente los patrones de movilidad de las ciudades. Así, los Gobiernos urbanos se encuentran en un punto de transición desde el cual pueden impulsar ambiciosas medidas públicas para avanzar sus planes estratégicos de movilidad.

Pese al progreso reciente, la movilidad urbana en Europa presenta serios problemas que condicionan negativamente la calidad de vida en las ciudades del continente. Para mitigar los costes sociales, eco-

nómicos y medioambientales de la movilidad tradicional, así como cumplir los objetivos establecidos por el Pacto Verde Europeo, los Gobiernos locales deberán estar dispuestos a tomar medidas innovadoras y ejercer un nuevo rol en el funcionamiento del ecosistema de movilidad urbana.

Las métricas reflejadas en el índice *Cities in Motion* sirven como diagnóstico de la situación actual de las distintas ciudades europeas, estableciendo una base para guiar al sector público en la mejora de la movilidad urbana. Las dimensiones del índice pueden también facilitar el intercambio de buenas prácticas entre ciudades similares, fomentando la cooperación para enfrentar futuros desafíos en materia de movilidad.

Para que las ciudades europeas desarrollen una visión estratégica a largo plazo, deberán regular el ecosistema de movilidad en su conjunto. Esto requiere el manejo de todos los elementos del modelo de gestión urbana inteligente de forma coordinada, guiando la implementación de nuevos modos de transporte, favoreciendo tanto la innovación en materia de movilidad como nuevos hábitos más sostenibles, y haciendo que la planificación urbana evolucione de forma acorde con las nuevas necesidades de la ciudad. Así, el futuro de la movilidad sostenible en Europa quedará definido por un sistema cada vez más accesible, interconectado e integrado.

Con este fin, los Gobiernos locales deberán redefinir su rol, pasando a dirigir, facilitar y rechazar diferentes elementos del sistema de movilidad y las redes que lo componen para maximizar su valor público y su alineación con las necesidades y objetivos de la ciudad. Esto a su vez implica nuevos procesos de gobernanza multinivel, consultas ciudadanas, e incentivos estatales. A nivel internacional, la UE actuará como recurso institucional para ciudades de todos los tamaños, proporcionando apoyo tanto político como financiero para la implementación de proyectos locales y estableciendo organizaciones que ayuden a guiar y coordinar estos esfuerzos. Los sistemas de movilidad quedarán definidos por el manejo de los intereses y las tensiones entre distintos actores urbanos locales e internacionales, con los desafíos que esto supone. Sin embargo, de la mano de esta forma colaborativa de regular el transporte urbano, las ciudades tendrán la oportunidad de impulsar una visión conjunta hacia el futuro de la movilidad sostenible en Europa.

NOTAS

(1) El *ranking* anual del *ICIM* dispone de técnicas de cálculo alternativas con el fin de controlar los efectos derivados de las limitaciones de cada método. Cabe destacar que se ha demostrado que no se incurren variaciones notables en las posiciones primordiales del *ICIM* derivadas de la opción metodológica seleccionada en el cálculo (DP2). Cabe señalar que existe la posibilidad de que algunas ciudades presenten valores inexistentes o *missing* para uno o más de los indicadores incluidos en el *ICIM*. En aquellos casos, se emplean técnicas de extrapolación, asignación de variables equivalentes, y estadísticas de conglomerados para obtener estos valores. Los detalles de las técnicas utilizadas se presentan en BERRONE y RICART (2014).

(2) Aunque cabe mencionar que el orden en que se incorpora cada índice sintético de cada dimensión efectivamente influye en el valor final del *ICIM*, los autores han realizado estudios de sensibilidad posteriores que concluyen que este no genera variaciones significativas en el valor del índice.

(3) La información detallada correspondiente a este proceso queda reflejada en BERRONE y RICART (2014).

BIBLIOGRAFÍA

- ABDULLAH, H. (2021). Towards a European Green Deal with Cities. The urban dimension of the EU's sustainable growth strategy. *Monografías CIDOB*, n.º 80.
- ABDULLAH, H. y SERRANO ROBLES, E. (2021). Urban Mobility after COVID-19. Long-term strategies for the sustainable mobility transition in European cities. CIDOB.
- BAXTER, B. (2021). Achieving balance: Urban mobility measures which support sustainability and accessibility | *Eltis*. Disponible en: <https://www.eltis.org/resources/case-studies/achieving-balance-urban-mobility-measures-which-support-sustainability-and>
- BELLINI, F., DULSKAIA, I., SAVASTANO, M. y D'ASCENZO, F. (2019). Business Models Innovation for Sustainable Urban Mobility in Small and Medium-Sized European Cities. *Management y Marketing*, 14(3).
- BERNARD, Y., MILLER, J., WAPPELHORST, S. y BRAUN, C. (2020). Impacts of the Paris low-emission zone and implications for other cities. *TRUE – The Real Urban Emissions Initiative*.
- BERRONE, P., RICART, J., CARRASCO, C. y RICART, R. (2014). *Cities in Motion: Metodología y modelización índice 2014*. IESE Business School.
- CAVOLI, C. M. (2015). *Assessing the impact of European Union policies on urban transport: a comparative analysis* (Doctoral dissertation, UCL [University College London]).
- CHEKROUD, S. R., GUEORGIEVA, R., ZHEUTLIN, A. B., PAULUS, M., KRUMHOLZ, H. M., KRYSAL, J. H. y CHEKROUD, A. M. (2018). Association between physical exercise and mental health in 1-2 million individuals in the USA between 2011 and 2015: a cross-sectional study. *The Lancet Psychiatry*, 5(9), pp. 739-746.
- CIGU, E., AGHEORGHIESEI, D. T. y TOADER, E. (2019). Transport infrastructure development, public performance and long-run economic growth: a case study for the Eu-28 countries. *Sustainability*, 11(1), p. 67.
- CITY OF ROTTERDAM (2020). *Rotterdam Walks 2025*. Disponible en: https://www.rotterdam.nl/vrije-tijd/lopen/Rotterdam_Loopt_2025_Gemeente-Rotterdam-DEF-ENGELS-TOEGANKELIJK_DEF2.pdf
- COMISIÓN EUROPEA (2018). *En ruta hacia la movilidad automatizada: estrategia de la UE para la movilidad del futuro*. Comisión Europea.
- COPENHAGENIZE (2019). The most bicycle-friendly cities of 2019. *Copenhagenize*. Disponible en: <https://copenhagenizeindex.eu/>
- CORNAGO, E., DIMITROPOULOS, A. y OUESLATI, W. (2019). Evaluating the Impact of Urban Road Pricing on the Use of Green Transport Modes: The Case of Milan. *OECD Publishing*, n.º 143.
- COYA (2021). Global Bicycle Cities Index. Coya. Disponible en: <https://www.coya.com/bike/index-2019>
- DENNINGHAUS, M. (2018). How to achieve a fully accessible transport system in the EU – the view of the European Disability Forum. *Medium*. Disponible en: <https://medium.com/@mobility4eu/how-to-achieve-a-fully-accessible-transport-system-in-the-eu-the-view-of-the-european-disability-649f55633790>
- EIT URBAN MOBILITY (2021). Urban mobility strategies during COVID-19. *EIT Urban Mobility*.
- ELVAAS, T. (2020). How Oslo Reached Vision Zero. *Medium*. Disponible en: <https://medium.com/vision-zero-cities-journal/how-oslo-reached-vision-zero-b952aed44697>
- EUROCITIES (2021). Road safety: Fewer accidents in Brussels' 30 km/h city. *Eurocities*. Disponible en: <https://eurocities.eu/latest/road-safety-fewer-accidents-in-brussels-30-km-h-city/>
- EUROPEAN COMMISSION (2019). *The European Green Deal*. European Commission.
- EUROPEAN COMMISSION (2020). *A European strategy for data*. European Commission.
- EUROPEAN COMMISSION (2021a). *Urban mobility*. European Commission. Disponible en: https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/clean-transport-urban-transport/urban-mobility_en
- EUROPEAN COMMISSION (2021b). *10 years of the Access City Award: Examples of best practice in making EU cities more accessible*. European Union.
- EUROPEAN COURT OF AUDITORS (2020). *Sustainable Urban Mobility in the EU: No substantial improvement is possible without Member States' commitment*. European Union.
- EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY (2020). *Air quality in Europe – 2020 report*. European Environmental Agency.
- EUROPEAN INSTITUTE OF INNOVATION AND TECHNOLOGY (2021). *Home*. *EIT Urban mobility*. Disponible en: <https://www.eiturbanmobility.eu/>

EUROPEAN INVESTMENT BANK (2020a). *Sustainable transport overview 2020*. European Investment Bank.

EUROPEAN INVESTMENT BANK (2020b). *EIB to provide €95 million to finance 40 climate action projects in Barcelona*. European Investment Bank. Disponible en: <https://www.eib.org/en/press/all/2020-215-eib-to-provide-eur95-million-to-finance-40-climate-action-projects-in-barcelona>

FIGG, H. (2020). *Giving people what they want: Rome's SUMP and its participatory co-creation process*. Eltis. Disponible en: <https://www.eltis.org/resources/case-studies/giving-people-what-they-want-romes-sump-and-its-participatory-co-creation>

FOCAS, C. y CHRISTIDIS, P. (2017). *What drives car use in Europe*. European Commission. Joint Research Centre.

GÖSSLING, S. (2020). Why cities need to take road space from cars-and how this could be done. *Journal of Urban Design*, 25(4), pp. 443-448.

GROTH, S. (2019). Multimodal divide: Reproduction of transport poverty in smart mobility trends. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 125, pp. 56-71.

GYÖRGY, K., ATTILA, A. y TAMÁS, F. (2017). New framework for monitoring urban mobility in European cities. *Transportation Research Procedia*, 24(1), pp. 55-162.

HAARSTAD, H. (2016). Where are urban energy transitions governed? Conceptualizing the complex governance arrangements for low-carbon mobility in Europe. *Cities*, 54, pp. 4-10.

HALL, D., MOULTAK, M. y LUTSEY, N. (2017). *Electric Vehicle Capitals of the World*. ICCT White Paper.

HERRANZ, A. (2020). Merwede, the Dutch neighbourhood where there will be one shared car for every 3 households. *Tomorrow City*. Disponible en: <https://tomorrow.city/a/merwede-car-free-neighborhood>

HÖRCHER, D. y GRAHAM, D. (2020). Pricing and Efficient Public Transport Supply in a Mobility as a Service Context. *International Transport Forum Discussion Papers*, n.º 2020/15.

INTERREG (2019). A Policy Brief from the Policy Learning Platform on Low-carbon economy. *Interreg Europe*. Disponible en: https://www.interregeurope.eu/fileadmin/user_upload/plp_uploads/policy_briefs/TO4_PolicyBrief_Active_Modes.pdf

KODUKULA, S., RUDOLPH, F., JANSEN, U. y AMON, E. (2018). *Living, moving, breathing: ranking of European cities in sustainable transport*. Greenpeace. Disponible en: https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7033/file/7033_Living_Moving_Breathing.pdf

KU, D., BENCEKRI, M., KIM, J. y LEE, S. (2020). Review of European Low Emission Zone Policy. *Chemical Engineering Transactions*, 78, pp. 241-246.

LEBRUSÁN, I. y TOUTOUH, J. (2020). Using smart city tools to evaluate the effectiveness of a low emissions zone in Spain: Madrid central. *Smart Cities*, 3(2), pp. 456-478.

LOZZI, G., RODRIGUES, M., MARCUCCI, E., GATTA, V., TEOH, T., RAMOS, C. y JONKERS, E. (2020). *Sustainable and smart urban transport*. European Parliament TRAN Committee.

LUCAS, K., MATTIOLI, G., VERLINGHIERI, E. y GUZMÁN, A. (2016). Transport poverty and its adverse social consequences. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Transport*, 169(6), pp. 353-365.

MABITA, N. (2019). How many persons with disabilities live in the EU? *European Disability Forum*. Disponible en: <https://www.edf-feph.org/newsroom-news-how-many-persons-disabilities-live-eu/>

MORENO, C., ALLAM, Z., CHABAUD, D., GALL, C. y PRATLONG, F. (2021). Introducing the «15-Minute City»: Sustainability, Resilience and Place Identity in Future Post-Pandemic Cities. *Smart Cities*, 4(1), pp. 93-111.

MUELLER, N., ROJAS-RUEDA, D., KHREIS, H., CIRACH, M., ANDRÉS, D., BALLESTER, J., BARTOLL, X., DAHER, C., DELUCA, A., ECHAVE, C., MILÀ, C., MÁRQUEZ, S., PALOU, J., PÉREZ, K., TONNE, C., STEVENSON, M., RUEDA, S. y NIEUWENHUIJSEN, M. (2020). Changing the urban design of cities for health: The superblock model. *Environment International*, 134, pp. 105-132.

MULLER, M., PARK, S., LEE, R., FUSCO, B. y CORREIA, G. H. D. A. (2021). Review of whole system simulation methodologies for assessing mobility as a service (Maas) as an enabler for sustainable urban mobility. *Sustainability*, 13(10), pp. 55-91.

MULLEY, C. y NELSON, J. (2020). How Mobility as a Service Impacts Public Transport Business Models. *International Transport Forum Discussion Papers*, n.º 2020/17.

MÜNDEL, K., BOON, W., FRENKEN, K., BLOMME, J. y VAN DER LINDEN, D. (2020). Explaining carsharing supply across Western European cities. *International Journal of Sustainable Transportation*, 14(4), pp. 243-254.

O'SULLIVAN, F. (2021). Where the «15-Minute City» Falls Short. *Bloomberg*. Disponible en: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-03-02/the-downsides-of-a-15-minute-city>

POSANER, J., COKELAERE, H. y HERNÁNDEZ-MORALES, A. (2020). Life after COVID: Europeans want to keep their cities car-free. *Politico*. Disponible en: <https://www.politico.eu/article/life-after-covid-europeans-want-to-keep-their-cities-car-free/>

SALAS, R., PÉREZ-VILLADONIGA, M. J., PRIETO-RODRÍGUEZ, J. y RUSSO, A. (2021). Were traffic restrictions in Madrid effective at reducing n.º levels? *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 91, 102689.

SISSON, P. (2020). Ban cars: Why cities are heeding the call for car-free streets. *City Monitor*. Disponible en: <https://citymonitor.ai/transport/ban-cars-why-cities-are-embracing-the-call-for-car-free-streets>

SMEDS, E. y JONES, P. (2020). Developing Transition Pathways towards Sustainable Mobility in European Cities: Conceptual framework and practical guidance. *Deliverable D1.2, H2020 CIVITAS SUMP-PLUS project*.

SMITH, G., SARASINI, S., KARLSSON, I. M., MUKHTAR-LANDGREN, D. y SOCHOR, J. (2019). Governing mobility-as-a-service: Insights from Sweden and Finland. En M. FINGER y M. AUDOUIN (eds.), *The Governance of Smart Transportation Systems*, pp. 169-188. The Urban Book Series. Springer, Cham.

TANG, C. K. (2021). The cost of traffic: evidence from the London congestion charge. *Journal of Urban Economics*, 121.

TEOH, R., ANCIAES, P. y JONES, P. (2020). Urban mobility transitions through GDP growth: Policy choices facing cities in developing countries. *Journal of Transport Geography*, 88.

TOWNSHIP AMSTERDAM (2021). Agenda Amsterdam Autoluw. *Township Amsterdam*. Disponible en: <https://www.amsterdam.nl/parkeren-verkeer/agenda-amsterdam-autoluw/>

UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE (2021). *UN Task Force issues recommendations for green and healthy transport to support a sustainable COVID-19 recovery*. United Nations Economic Commission for Europe. Disponible en: <https://unece.org/environment/press/un-task-force-issues-recommendations-green-and-healthy-transport-support>

VAN DEN HURK, M., PELZER, P. y RIEMENS, R. (2021). Governance challenges of mobility platforms: the case of Merwede, Utrecht. *European Transport Research Review*, 13(1), pp. 1-12.

VANCLUYSEN, K. (2021). The future of urban transport. *Innovation News Network*. Disponible en: <https://www.innovationnewsnetwork.com/urban-transport/9910/>

WAHLIG, L. y RENNIGER, J. (2020). The challenges of sustainability and integration in urban mobility. *Intelligent Transport*. Disponible en: <https://www.intelligenttransport.com/transport-articles/112575/the-challenges-of-sustainability-and-integration-in-urban-mobility/>

WERLAND, S. (2020). Diffusing sustainable urban mobility planning in the EU. *Sustainability*, 12(20), p. 8436.

WITTWER, R. y GERIKE, R. (2018). Report of Cross-City Comparison. *CREATE project, Deliverable D3.3*.

ZAGORSKAS, J. y BURINSKIENĖ, M. (2020). Challenges caused by increased use of e-powered personal mobility vehicles in European cities. *Sustainability*, 12(1), p. 273.

ZIVARTS, A. (2021). *The «15-Minute City» Isn't Made for Disabled Bodies*. Bloomberg. Disponible en: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-04-22/the-people-that-the-15-minute-city-leave-behind>

ANEXO I

INDICADORES MOVILIDAD Y TRANSPORTE

INDICADOR	DESCRIPCIÓN / UNIDAD DE MEDIDA	FUENTE
Alquiler de bicicletas	Si la ciudad cuenta con un servicio de alquiler de bicicletas.	Numo
Alquiler de ciclomotores	Si la ciudad cuenta con un servicio de alquiler de ciclomotores.	Numo
Alquiler de scooters	Si la ciudad cuenta con un servicio de alquiler de scooters.	Numo
Bicicletas por hogar	Bicicletas en propiedad por hogar.	Euromonitor
<i>Bike sharing</i>	Muestra los servicios automatizados para el uso público de bicicletas compartidas que facilitan el transporte dentro de una ciudad. El indicador varía entre 0 y 8 según el desarrollo del sistema.	Bike-Sharing World Map
Índice de ineficiencia del tráfico	Este índice es una estimación de las ineficiencias en el tráfico. Los valores altos representan altas tasas de ineficiencia en conducción, como largos viajes.	Numbeo
Índice de tráfico exponencial	Este índice se estima considerando el tiempo invertido en el tráfico. Se asume que la insatisfacción con los tiempos de viaje aumenta exponencialmente más allá de los 25 minutos.	Numbeo
Índice de tráfico	Índice de tiempo basado en cuántos minutos se tarda en llegar a trabajar.	Numbeo
Longitud del sistema de metro	Longitud del sistema de metro de la ciudad.	Metrobits
Estaciones de metro	Número de estaciones de metro por ciudad.	Metrobits
Tren de alta velocidad	Variable binaria que muestra si la ciudad tiene un tren de alta velocidad o no.	Open Railway Map
Vehículos comerciales en la ciudad	Número de vehículos comerciales en la ciudad.	Euromonitor
Vuelos	Número de vuelos entrantes (rutas aéreas) en una ciudad.	OpenFlights

Resumen

Este artículo revisa los modelos de negocio en movilidad urbana compartida que se están implantando en todo el mundo. Se presentan los fundamentos conceptuales de los sistemas de movilidad sostenible y se describen los principales modelos de negocio basados en el concepto de «movilidad como servicio». Además, se identifican los retos que deberán superarse para desarrollar modelos más sostenibles de movilidad urbana y se delimitan líneas de actuación para impulsar modelos de negocio innovadores en movilidad. En la parte final del artículo se discute, brevemente, el efecto de la pandemia del coronavirus sobre la movilidad urbana.

Palabras clave: modelos de negocio, movilidad compartida, movilidad sostenible, *carsharing*, movilidad como servicio, movilidad urbana, planificación del transporte.

Abstract

This article reviews the new business models in shared mobility that are being implemented in cities around the world. It presents the conceptual foundations of sustainable mobility systems and describes the main business models based on the concept of «mobility as a service». It also identifies the challenges that must be overcome in order to develop more sustainable urban mobility systems and outlines lines of action to promote innovative mobility business models. The final part of the article briefly discusses the effect of the coronavirus pandemic on urban mobility.

Keywords: business models, shared mobility, sustainable mobility, mobility as a service, urban mobility.

JEL classification: M10, R00, R28, R42, R48, Q01.

NUEVOS MODELOS DE NEGOCIO EN MOVILIDAD URBANA COMPARTIDA

Jorge FERNÁNDEZ GÓMEZ (*)

Orkestra-Fundación Deusto y Deusto Business School

I. INTRODUCCIÓN

EN los últimos años hemos asistido a la aparición de múltiples empresas que ofrecen servicios de movilidad compartida (*shared mobility*) en entornos urbanos (vehículos compartidos, movilidad a demanda, compartición de bicicletas y patinetes eléctricos...) y a la proliferación de aplicaciones digitales que ofrecen información sobre los sistemas de transporte urbanos y todas sus formas de movilidad e, incluso, permiten diseñar y contratar trayectos multimodales.

Estas nuevas formas de movilidad compartida están comenzando a modificar las preferencias y los hábitos de usuarios de movilidad en todo el mundo (Shaheen, Martin y Hoffman-Stapleton, 2021), dando lugar a una industria con un crecimiento potencial elevado. En 2019, por ejemplo, se contrataron unos 45 millones de trayectos al día en las dos plataformas de servicios de transporte a la carta más importantes del mundo y cerca de 450.000 trayectos al día en patinetes eléctricos compartidos (Heineke *et al.*, 2021). El valor estimado de este pujante mercado global de movilidad compartida podría alcanzar en la actualidad entre 200.000 y 400.000 millones de euros, previéndose tasas de crecimiento significativas en todos los segmentos de la movilidad compartida en la próxima década

(véase, por ejemplo, Knowledge Sourcing, 2021).

En este artículo se revisa la situación actual de la movilidad urbana compartida (también llamada movilidad colaborativa) (1) y se describen algunos de los principales modelos de negocio en torno a este tipo de movilidad que se están implantando en ciudades de todo el mundo, cuáles son los retos a los que se enfrentan y cómo contribuyen al desarrollo de una movilidad urbana más sostenible y a una planificación más eficiente del transporte urbano.

Cuando se habla de «movilidad urbana compartida» se suele hacer referencia a modos/formas de movilidad impulsadas por modelos de negocio innovadores (por ejemplo, *carsharing* o *carpooling*, o bien modelos de micromovilidad en general) y que pueden entrar, o no, dentro de lo que se conoce como «economía colaborativa». En un sentido más amplio, sin embargo, la movilidad «colaborativa» hace referencia a los crecientes niveles de cooperación entre distintos tipos de agentes, instituciones y *stakeholders*.

La primera parte del artículo presenta un marco de referencia para el análisis de la movilidad urbana sostenible. Transformar los modelos de movilidad urbana actuales en modelos sostenibles implica innovar en múltiples ámbitos (tecnológica, regula-

toria, operativa, esquemas de colaboración, etc.). El objetivo es generar cambios profundos en áreas como la demanda de movilidad y las preferencias de los ciudadanos, la penetración de tecnologías energéticas limpias, la digitalización de procesos, el despliegue de nuevas formas de movilidad alternativas, la integración y coordinación de los distintos modos de transporte o una planificación del espacio urbano y de las redes de transporte centrada en las personas.

Esta transformación radical se llevará a cabo incentivando el desarrollo de nuevos modelos de negocio en movilidad que impulsen la sostenibilidad de los sistemas de movilidad urbana en las líneas indicadas anteriormente. En este sentido, en la segunda parte del artículo se revisan los principales modelos de negocio de movilidad compartida o movilidad como servicio (*mobility as a service, MaaS*) que se están implementando en todo el mundo.

Además, se identifican los principales retos y barreras que deberán superarse para impulsar la movilidad compartida en los próximos años y se analiza cómo ha afectado la pandemia de la COVID-19 a estas nuevas formas de movilidad. La pandemia del coronavirus, además, ha dado lugar a algunos cambios potencialmente estructurales que abren una ventana de oportunidad para impulsar de forma efectiva y decisiva la movilidad compartida en todo el mundo en los próximos años.

En la parte final del artículo se presenta una serie de reflexiones orientadas a identificar vías para facilitar la penetración de la movilidad compartida y la adopción de nuevas formas de movilidad

compartida y de cooperación entre agentes en los sistemas de transporte urbanos.

II. LA MOVILIDAD URBANA SOSTENIBLE

Para entender cómo están desarrollándose nuevos modelos de negocio centrados en la sostenibilidad en el ámbito de la movilidad urbana resulta útil delinear cuáles son los principios y las características de los sistemas de transporte sostenibles en las ciudades.

Las crisis del petróleo de los años setenta (y también la de los primeros años del siglo XXI) y el creciente impacto de determinadas tendencias y cambios (por ejemplo, crecimiento del turismo global e incremento en las distancias recorridas) abrieron la puerta a analizar la movilidad desde otros puntos de vista y bajo otros enfoques. Así, el análisis de la sostenibilidad de los modelos de transporte urbanos entró de lleno en el debate académico a mediados de la década de los 2000. Hasta entonces, el análisis tradicional de la movilidad trataba el transporte como una demanda derivada (es decir, ligada a otros objetivos o fines), asumiendo que los usuarios buscan minimizar el coste y el tiempo empleado para desplazarse de un punto a otro.

Sheller y Urry (2006) y Urry (2007) plantean un nuevo paradigma de movilidad desde el punto de vista de las ciencias sociales en sentido amplio (en el sentido «kuhniano» de paradigma; Kuhn, 1962), pero no tienen en cuenta ni explícita ni implícitamente la dimensión de sostenibilidad. El «paradigma de las nuevas movilidades» (*new mobilities paradigm, NMP*) pre-

senta un nuevo concepto de «movilidad» que va más allá del transporte de personas y bienes y recoge aportaciones de disciplinas tan diversas como la antropología, los estudios sobre cultura, la geografía, los estudios sobre migraciones, ciencia y tecnología, turismo, transporte o sociología.

Posteriormente, Sheller y Urry (2016) revisitaron su «paradigma», argumentando que sigue siendo válido para tratar las nuevas tendencias en movilidad, que tiene mucha relación con tres teorías (*complexity theory, socio-technical transitions theory* y *social practice theory*) y que el análisis del cambio climático y de la sostenibilidad entraría dentro de la investigación aplicada sobre movilidad en el ámbito de este paradigma.

En 2008, David Banister presenta un nuevo «paradigma de la movilidad sostenible» en un artículo con un gran impacto académico (Zhao *et al.*, 2020). Este trabajo continuaba la línea de reflexión sobre la sostenibilidad del transporte iniciada por Banister y Marshall (2000) o Banister (2005).

Aunque lo denomina «paradigma», el nuevo marco conceptual de Banister no se refiere a un paradigma científico kuhniano, sino más bien a una herramienta para la planificación de modelos de movilidad urbana sostenible. Así, la literatura académica, cuando menciona el marco de Banister, suele hablar de *approach to transport planning* o *approach to sustainable urban mobility* (Hickman, Hall y Banister, 2013; Forward *et al.*, 2014; Lyons, 2018; Johansson, 2019; Brůhová Foltýnová *et al.*, 2020).

CUADRO N.º 1

PLANIFICACIÓN TRADICIONAL DEL TRANSPORTE URBANO VERSUS PLANIFICACIÓN DE UNA MOVILIDAD SOSTENIBLE

ENFOQUE CONVENCIONAL (PLANIFICACIÓN DEL TRANSPORTE)	ENFOQUE ALTERNATIVO (MOVILIDAD SOSTENIBLE)
Dimensiones físicas	Dimensiones sociales
Movilidad	Accesibilidad
Gran escala	Escala local
Las calles como vías	Las calles como espacio
Transporte motorizado	Todos los modos de transporte, priorizando a los peatones y ciclistas, y con los usuarios de coches en último lugar
Previsión del tráfico	Visión de ciudad
Análisis basado en modelos	Desarrollo de escenarios y modelización
Evaluación económica	Análisis multidimensional, incluyendo aspectos sociales y económicos
Transporte como demanda derivada	Transporte como actividad valorada y como demanda derivada
Centrado en la demanda	Centrado en la gestión
Incremento de la velocidad del tráfico	Reducción de la velocidad
Minimización del tiempo de viaje	Tiempos de viaje razonables y fiabilidad de la duración de los trayectos
Segregación de tráfico y personas	Integración de tráfico y personas

Fuente: Adaptado de Banister (2008).

Banister (2008) cuestiona los dos principios básicos de las teorías tradicionales sobre el transporte (el transporte como demanda derivada y el objetivo de minimización de costes de transporte, incluido el tiempo), delineando una nueva aproximación a la movilidad sostenible inspirada en Marshall (2001) (cuadro n.º 1) y que pone el énfasis en que la movilidad es una actividad valorada (en sí), que hay características más importantes que el tiempo de viaje, como la fiabilidad del transporte, y que el enfoque en la sostenibilidad implica integrar mejor a las personas y el tráfico (con los coches en un lugar menos prominente en la jerarquía de movilidad) y centrarse en entornos más locales (por ejemplo, urbanos), frente a modelos basados en la escala.

La transición de los modelos de movilidad hacia una movi-

lidad sostenible debe basarse, según Banister (2008), en cuatro «acciones»: 1) sustitución de parte del tiempo dedicado al transporte por tiempo dedicado a otras actividades, reduciendo la necesidad de viajar y el número de desplazamientos; 2) cambio modal en el transporte (p. ej., caminar, bicicletas, transporte público...), mediante medidas de política de transporte; 3) reducción de distancias, mediante medidas de política de uso del suelo y urbanísticas; y 4) incremento de la eficiencia (y reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y de contaminantes del aire), mediante innovación tecnológica.

Para favorecer la ejecución de estas «acciones», deberá incrementarse la participación de la ciudadanía, induciendo una mayor aceptación social de los modelos de transporte sosteni-

ble. Finalmente, el desarrollo de modelos de movilidad urbana sostenible debe cumplir con una serie de principios básicos, como la utilización de la mejor tecnología (energéticas, de conectividad y comunicaciones, etc.), la internalización de externalidades (mediante regulación y señales de precios), la integración del uso del suelo en la planificación y la regulación del transporte y la difusión de información a la ciudadanía.

Banister (2011) aplicó este nuevo marco conceptual al análisis de la movilidad sostenible en entornos urbanos, estudiando, en particular, las vías para reducir el impacto medioambiental (emisiones de gases de efecto invernadero y contaminación). Su análisis sugiere que la descarbonización del transporte urbano se verá impulsada por una planificación urbanística innovadora centrada en la regeneración de espacios urbanos, la creación de espacios de alta densidad y la priorización de formas alternativas de transporte (transporte público, caminar, bicicleta, etc.), limitando el uso de vehículos privados en las ciudades a aquellos impulsados por energías renovables.

Trabajos posteriores, como el de Aldred (2013), analizan la relación entre el paradigma de las nuevas movilidades y el enfoque en el transporte sostenible de investigaciones como la iniciada por Banister, y concluye que existen sinergias relevantes entre el enfoque de Shelley y Urry en redes, movilidades, identidades y sistemas y el análisis del papel de la sostenibilidad en el estudio del transporte iniciado por Banister (2008).

En resumen, el marco de planificación de movilidad urbana sostenible que plantea Banister

(2008, 2011) ofrece una referencia para la transformación del transporte en las ciudades que pone a los ciudadanos en el centro de los modelos de movilidad, primando aspectos como la accesibilidad, la dimensión social de la movilidad, la reorientación y redefinición de los espacios urbanos, la multimodalidad y el desarrollo de modelos de movilidad con menores distancias, menores volúmenes de tráfico y menores velocidades medias en un parque de vehículos más limpios. Además, resulta relevante incrementar la eficiencia de la movilidad a través de una mayor conectividad de las redes de transporte, la reconfiguración de rutas, la concentración de actividades y una gestión eficiente de la oferta, la localización y la gestión de plazas de aparcamiento.

III. NUEVOS MODELOS DE NEGOCIO EN TORNO A LA MOVILIDAD COMPARTIDA

¿Cómo se puede avanzar en la planificación y el despliegue de sistemas y modelos de movilidad urbana sostenibles como los delineados por el marco de referencia de Banister (2008)?

La manera de transformar profundamente los modelos de movilidad urbanos consiste en fomentar y facilitar la innovación a lo largo de todos los ámbitos de la movilidad, incluyendo toda la cadena de valor (materiales, componentes, vehículos, servicios) (Fournier, 2017), teniendo en cuenta los principios del transporte urbano sostenible.

Esto implica impulsar la innovación en servicios de movilidad, en tecnologías (energéticas, de comunicaciones y datos, de vehículos...), en los esquemas de

planificación de la movilidad y el urbanismo y en los procesos de monitorización, operación y gestión de los sistemas de movilidad y de toma de decisiones (p. ej., basadas en información cuantitativa sobre la movilidad).

En definitiva, la implementación y el desarrollo en la práctica de estos nuevos sistemas y modelos de movilidad urbana se llevará a cabo a través de modelos de negocio y propuestas de valor innovadoras por parte de agentes públicos y privados, que actúan como instrumentos que permiten integrar las distintas dimensiones de la nueva movilidad (Shaheen *et al.*, 2020; Polydoropoulou *et al.*, 2020; Reyes García *et al.*, 2019; Valsecchi, Marotti de Mello y Marx, 2019).

Menéndez y Fernández (2020) presentan un marco conceptual para caracterizar modelos de negocio innovadores en el ámbito de la movilidad sostenible. La nueva movilidad sostenible se analiza desde distintas perspectivas («cómo» es

la nueva movilidad, «dónde» se desarrolla, «qué» dimensiones abarca y «por qué» se desarrollan los sistemas de movilidad de una u otra manera) (cuadro n.º 2).

La nueva movilidad sostenible, en línea con los principios básicos del paradigma de Banister (2008), debe basarse en una mayor sostenibilidad económica, medioambiental y social. En la práctica, esto se traduce en la necesidad de desarrollar sistemas de movilidad más eficientes (desde el punto de vista energético, operativo y tecnológico, de la seguridad del transporte y también desde el punto de vista económico, ligado al aprovechamiento de vehículos e infraestructuras y a la asignación eficiente del tiempo de los usuarios) y tener en cuenta de forma adecuada las dimensiones medioambiental (menores emisiones de gases de efecto invernadero y partículas contaminantes, menores niveles de ruido, etc.) y social (mayor accesibilidad y precios asequibles de los servicios de movilidad, cobertura de necesidades sociales,

CUADRO N.º 2

COMPONENTES DE LA NUEVA MOVILIDAD

LOS MODELOS DE NEGOCIO SON LOS INSTRUMENTOS QUE PERMITEN INTEGRAR TODOS LOS COMPONENTES DE LA NUEVA MOVILIDAD

5 características:
cómo es la nueva movilidad

- Conectividad
- Automatización
- Reducción del impacto ambiental
- Compartición
- Integración: intermodalidad y cobertura de necesidades

4 elementos:
dónde se desarrolla la movilidad

- Infraestructuras
- Tecnologías de la información y la comunicación
- Vehículo
- Energía

3 dimensiones:
qué abarca la nueva movilidad

- Capas (alcance geográfico)
- Cadenas de valor
- Entornos físicos, plataformas de servicios, etc.

2 factores de contorno:
por qué se desarrolla la nueva movilidad de una u otra manera

- Regulación
- Entorno empresarial, industrial e institucional

Fuente: Extraído de Menéndez y Fernández (2020).

vertebración de núcleos geográficos y de población, aspectos de género, etc.).

El marco de análisis propuesto por Menéndez y Fernández (2020) recoge todos estos principios y factores en su caracterización de la nueva movilidad sostenible, que implica: a) mayor eficiencia, a través del desarrollo de conectividad entre vehículos, infraestructuras y otros elementos de la red de movilidad (por ejemplo, sistemas de control), una creciente automatización de vehículos y procesos relacionados con la movilidad, un impulso de la movilidad compartida y una creciente intermodalidad en las soluciones de movilidad; b) mayor sostenibilidad medioambiental, mediante el uso de energía limpia y con una menor huella medioambiental del conjunto de actividades; y c) mayor sostenibilidad social, a través de la integración geográfica y de grupos de población y de la cobertura

de un amplio abanico de necesidades y preferencias sociales.

Tres factores relevantes guían el proceso de adaptación de los modelos de movilidad hacia la nueva movilidad sostenible: a) un enfoque cada vez más acusado de la planificación del transporte en las personas y los usuarios de movilidad; b) el protagonismo creciente del entorno empresarial e institucional para desarrollar esquemas de colaboración y financiación que permitan implementar soluciones tecnológicas y energéticas innovadoras; y c) nuevos esquemas de regulación que generen los incentivos adecuados a la transformación de los comportamientos y preferencias de los distintos agentes en torno a la nueva movilidad.

Además, debe destacarse el impacto de la intermodalidad en la integración de cadenas de valor relacionadas con la movilidad que anteriormente no tenían

una relación explícita (p. ej., trenes, tranvías, autobuses, etc.), a través de aspectos como la energía o la creciente digitalización. La intermodalidad también contribuye a consolidar la integración de espacios geográficos, que abarcan el entorno rural, el periurbano (por ejemplo, zonas de ocio, parques tecnológicos y empresariales, etc.) y el entorno urbano, incluyendo lo que se conoce como «primera o última milla» (la primera o última etapa de los viajes, caracterizada por trayectos muy cortos).

La identificación y análisis de nuevos modelos de negocio en movilidad sostenible se lleva a cabo a través del estudio de cómo las empresas desarrollan actividades en torno a los cuatro elementos (físicos) básicos de la movilidad: 1) infraestructuras (p. ej., vías de circulación, aparcamientos, instalaciones de recarga, etc.); 2) tecnologías de información y comunicación

CUADRO N.º 3

MODELOS DE NEGOCIO EN MOVILIDAD COMO SERVICIO IDENTIFICADOS Y CASOS DE ESTUDIO ANALIZADOS EN MENÉNDEZ Y FERNÁNDEZ (2020)

GRUPO	MODELOS DE NEGOCIO	CASOS DE ESTUDIO (EMPRESAS Y LUGARES DE IMPLEMENTACIÓN)
MaaS B2C	<i>Carsharing (B2C)</i>	Share Now (Madrid), Wible (Madrid), Enjoy (Roma), Sunflet (Malmö), Ibilkari (Bilbao), Flinkster (Múnich).
	<i>Bikesharing</i>	Bilbaobizi (Bilbao), BiciMAD (Madrid), Adaptive Biketown (Portland), Call a bike (Múnich), Jump (Berlín).
	<i>Scootersharing y motosharing</i>	Scoot (Barcelona), SEAT e-Scooter Concept (Barcelona), Coup (Madrid), Lime (Madrid).
	<i>Microtransit</i>	MOIA (Hamburgo / Hannover), Bridj (Sidney), Chariot (San Francisco), BusBot (Coffs Harbour, Australia), Bilbobus (Bilbao), GrabShuttle (Singapur).
MaaS P2P	<i>Propiedad fraccionada</i>	Audi Unite (Estocolmo), Share a Porsche (Países Bajos), Orto (Londres), Ford Credit Link (Austin), OpsChain Tesseract (Reino Unido).
	<i>Carsharing (P2P)</i>	Turo (Los Ángeles), Getaround (París / Barcelona), Hiyacar (Londres), Flightcar (San Francisco).
	<i>Ridesharing</i>	BlaBlaCar (España), Waze Carpool (EE. UU.), Haxi (Oslo), Slug-Line (Washington D.C.), Ants (Oslo), CarpoolWorld (EE. UU.).
MaaS a demanda	<i>Ridesourcing</i>	UberX (Madrid), Lyft (Los Ángeles), Cabify (Madrid), GrabCar (Singapur), Ola (Delhi), Didi (China), CabiFly (São Paulo), Voloport (Singapur).
	<i>Ridesplitting</i>	UberPool (EE. UU.), Lyft Line (EE. UU.), GrabShare (Klang Valley, Malasia), OlaShare (India), Didi Express Pool (China), ALSAcab (Madrid).
	<i>E-hail</i>	Free Now (Madrid), Arro (Free Now), Curb (Boston), Flywheel (San Francisco), PideTaxi (Bilbao).

Notas: * MaaS = mobility as a service. ** B2C = business to customer. *** P2P = peer to peer.

Fuente: Menéndez y Fernández (2020).

(geolocalización, datos sobre movilidad, oferta y demanda de servicios, etc.); 3) vehículos para el transporte de pasajeros o mercancías; y 4) energía (p. ej., electricidad, gas natural, gas licuado del petróleo, hidrógeno, biocombustibles, etc.).

Los nuevos modelos de negocio en movilidad urbana se pueden agrupar en tres categorías (2): 1) modelos basados en la movilidad como servicio (*mobility as a service, MaaS*); 2) modelos de negocio basados en servicios relacionados con la gestión de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC); y 3) modelos de negocio centrados en redefinir otros eslabones de la cadena de valor de la movilidad (abarcando desde el desarrollo de vehículos, gestión de residuos, servicios de aparcamiento, gestión y operación de infraestructuras viarias, gestión y operación de infraestructuras energéticas, suministro de energía...). El cuadro n.º 3 muestra los principales modelos de negocio asociados al concepto de «movilidad como servicio», objeto del análisis en este artículo.

1. La movilidad compartida o colaborativa

La movilidad compartida, movilidad colaborativa o «movilidad como servicio» (*MaaS*) se basa en la servitización de los vehículos y la utilización de servicios de movilidad por parte de los usuarios sobre la base de esquemas de «pago por uso».

La «servitización» del transporte privado implica que el usuario de movilidad no tenga por qué ser necesariamente el propietario del vehículo que utiliza, que se «alquila» bajo distintas fórmulas y tipos de prestación de servicio para la provisión de los servicios

de movilidad requeridos. La reducción de las preferencias de los usuarios por formas de movilidad que ni implican la propiedad de los vehículos tiene un impacto potencial disruptivo sobre los modelos de movilidad (Shaheen y Chan, 2016; Shaheen y Chan, 2016a; Shaheen y Cohen, 2016b; Machado *et al.*, 2018).

La movilidad compartida puede contribuir a impulsar una movilidad urbana más sostenible si implica una mayor eficiencia en el uso del parque móvil (ITF, 2021) a través de una disminución del número de vehículos en circulación y una reducción del número de vehículos en propiedad. Dependiendo de los modelos de negocio y de la normativa sobre movilidad urbana, puede facilitar el despliegue de vehículos limpios. Además, favorece la intermodalidad, especialmente en el entorno de la «última milla», con las distintas soluciones de «micromovilidad» con los llamados «vehículos de movilidad personal» o VMP. Por otro lado, facilita el acceso a vehículos sin tener que realizar grandes desembolsos.

Butler, Yigitcanlar y Paz (2021) sugiere que los beneficios de la *MaaS* se derivan del descenso en la distancia total del conjunto de trayectos, una mayor sensibilidad en relación con la movilidad, la menor demanda de aparcamiento, el descenso en la tasa de propiedad de vehículos y una mejora en la equidad social.

Los impactos negativos están relacionados con un potencial incremento caótico de la movilidad (especialmente, en el caso de la movilidad con VMP), incluyendo potenciales problemas relacionados con la seguridad de usuarios y

peatones, e incrementos en el número de kilómetros viajados y en los atascos (Erhardt *et al.*, 2019; Tirachini *et al.*, 2020).

Aunque es un mercado en expansión, pueden identificarse tres grandes categorías de modelos de *MaaS*, dependiendo de los agentes involucrados y del tipo y la forma de contratación de los servicios de movilidad (cuadro n.º 3) (3): i) *MaaS B2C*; ii) *MaaS P2P*; y iii) *MaaS a demanda*.

Maas B2C (business to customer)

La movilidad como servicio *B2C* implica la prestación de servicios de movilidad compartida a usuarios por parte de empresas. En este grupo se pueden incluirse dos grandes clases de modelos de negocio: (a) *carsharing* y (b) micromovilidad.

Carsharing

En sentido estricto, esta modalidad de movilidad permite a los ciudadanos utilizar vehículos bajo el modelo tarifa por uso. Los vehículos se reservan a través de apps y pueden recogerse o devolverse en cualquier ubicación o en ubicaciones específicas (como aparcamientos), en función de la empresa. Generalmente, la empresa que ofrece la flota de vehículos presta los servicios de mantenimiento, limpieza, seguros y, a veces, otros servicios (de aparcamiento, por ejemplo) (Shaheen y Cohen, 2016; Stocker y Shaheen, 2017).

Los negocios de las empresas tradicionales de alquiler de vehículos tienen algunas características similares a las de los modelos de negocio de *carsharing*. Sin embargo, no suelen ofrecer tanta flexibilidad a los usuarios como los nuevos modelos de servicio en aspectos como el pro-

ceso de contratación, la recogida y devolución del coche, los esquemas de tarifas por uso, etc.

Los modelos de negocio de *carsharing* presentan una concentración de actividades en torno a la conectividad, compartición e integración (en el sistema de movilidad en conjunto) y con un enfoque especial en las TIC y en los vehículos (tanto desde la óptica de producción y desarrollo de soluciones como de la gestión, operación y prestación de servicios). El desarrollo y gestión de soluciones relacionadas con las infraestructuras viarias y la prestación de servicios relacionados con la energía (p. ej., recargas de baterías eléctricas), a menudo mediante acuerdos con terceras compañías, son otras dimensiones de las propuestas de valor de las compañías de *carsharing*.

Micromovilidad B2C

La micromovilidad, o movilidad en vehículos de menor tamaño (incluyendo bicicletas, patinetes, pequeños vehículos para el transporte de mercancías, etc.), es otra de las formas de movilidad que ha crecido enormemente en los últimos años en todo el mundo, debido a sus ventajas (flexibilidad, contribución a la sostenibilidad, coste, impacto sobre la salud, etc.) en el ámbito del transporte de cortas distancias, generalmente en el entorno de la «última milla» (Shaheen *et al.*, 2020; Abduljabbar, Liyanage y Dia, 2021) y al desarrollo y adopción de nuevas herramientas digitales y formas de contratación de servicios de movilidad (Shaheen y Cohen, 2016b).

Los modelos de *bikesharing*, *scootersharing* o *motosharing* se

basan en la servitización de vehículos de movilidad personal eléctricos, como bicicletas, patinetes o motocicletas, respectivamente. Una empresa ofrece la posibilidad de alquilar este tipo de vehículos, en algunos casos con la opción de no tener que devolverlos en ubicaciones determinadas. La contratación se realiza mediante *apps* específicas. Los *docks* o puntos de recogida (y, en muchos casos, de devolución) incluyen infraestructura eléctrica para la recarga de las baterías. El operador puede ser una empresa pública (p. ej., Bilbaobizi o BiciMad, impulsadas por los ayuntamientos de Bilbao o Madrid) o bien una compañía ligada a otros operadores de movilidad (como es el caso de Call a Bike, impulsada por Deutsche Bahn AG, o de Jump, impulsada por Uber), con el objeto de complementar la oferta intermodal de servicios de movilidad, especialmente en la «última milla».

Los esquemas de *bikesharing* y *scootersharing* se han implantado en ciudades de todo el mundo en los últimos años (Bieliński y Ważna, 2020) y se espera que se incremente significativamente su peso en el conjunto de viajes en el entorno urbano, tanto en trayectos de cortas y largas distancias (Heineke *et al.*, 2019a; Heineke, Kloss y Scurtu, 2019b).

Algunos estudios sugieren que la micromovilidad con bicicletas y patines eléctricos no es un sustituto directo del transporte con vehículo privado. El trabajo de Fearnley, Johnsson y Berge (2020), analizando datos de Oslo, muestra que este tipo de movilidad sustituye principalmente a caminar (60 por 100 de los trayectos) y al transporte público (23 por 100), mien-

tras que únicamente sustituirían a trayectos en coche o taxi un 3 por 100 y 5 por 100 de las veces, respectivamente. Además, sugiere que la micromovilidad está relacionada con la multimodalidad y, en particular, con el uso de transporte público y en los ámbitos de la «primera milla» y la «última milla», lo que apunta a los potenciales beneficios de una mayor integración entre estos tipos de transporte urbano.

Otras formas de transporte vinculadas a la micromovilidad

Finalmente, la opción de *microtransit* se refiere a la utilización (compartida) de vehículos pequeños (como microbuses, furgonetas, etc.) para el transporte de personas en el ámbito urbano, especialmente en el entorno de la última milla (Stocker y Shaheen, 2017), lo que le confiere el potencial de complementarse con las formas de micromovilidad mencionadas anteriormente. Puede utilizarse también para referirse a *microtransit* el término *demand-responsive transport (DRT)*.

Además de los beneficios en términos de sostenibilidad (p. ej., adopción de nuevas tecnologías energéticas), este tipo de servicios de movilidad compartida genera eficiencia en la cobertura de servicios de movilidad en todo el espacio urbano, complementando las rutas de transporte público y facilitando el impulso de la automatización y el desarrollo de las llamadas «rutas dinámicas» (Ongel *et al.*, 2019; Shaheen *et al.*, 2020).

Los principios del *microtransit* de personas pueden aplicarse también al transporte de mercancías en el entorno de la última milla (en este caso, se conoce

también como *courier network services*, CNS) y facilitan la introducción de servicios logísticos y de reparto de mercancías y productos (por ejemplo, paquetería, comida a domicilio, etc.) innovadores y más eficientes.

Maas P2P (peer to peer)

La movilidad como servicio P2P se refiere a esquemas de movilidad compartida entre usuarios de servicios de movilidad, bajo fórmulas muy diversas de alquiler, *leasing*, propiedad, etcétera. Entre ellos, pueden incluirse: 1) los esquemas de *propiedad fraccionada* y, de forma más general, *carsharing P2P*, con esquemas de prestación de servicios muy variados; y 2) esquemas de *ridesharing* o compartición de trayectos.

Carsharing (P2P)

Los servicios de *carsharing* ofrecen formas de movilidad en las ciudades que parecen ser complementarias al uso de vehículos privados.

En el caso de los servicios ofrecidos por Turo, Getaround o Hiyacar, por ejemplo, las compañías de *carsharing* aparecen como intermediarios entre los propietarios de vehículos y los usuarios, que alquilan vehículos de forma flexible en términos de la duración de los servicios, el ámbito geográfico, la posibilidad de compartirlos con otros usuarios, etc. En el caso de Flightcar, los viajeros en avión ponen a disposición de otros usuarios sus vehículos mientras están en viaje, utilizando los aparcamientos de los aeropuertos como base de los vehículos.

El alquiler y propiedad de los vehículos puede ser también compartido por varios usuarios.

Servicios como Share a Porsche o Audi on Demand permiten a un grupo de personas acceder a la compartición de vehículos de alta gama (mediante fórmulas de *leasing* compartido). La plataforma EY OpsChain Tesseract ofrece (utilizando la tecnología *blockchain*) la posibilidad de compartir la propiedad y el uso de vehículos y otros servicios asociados (por ejemplo, *leasing* de baterías, servicios de pago centralizado, mantenimiento de vehículos, etc.), impulsando nuevas opciones de financiación de flotas de vehículos a través de una especie de *crowdfunding*.

Ridesharing

Los servicios de *ridesharing* (compartición de rutas o viajes concretos –también conocidos como *carpooling* o *vanpooling*, en función del tipo de vehículo–) que ofrecen compañías como BlaBlaCar, Waze Carpool o CarpoolWorld permiten al propietario de un vehículo ofrecer servicios de transporte para trayectos concretos, puntuales o periódicos. Las compañías intermediarias ofrecen determinados servicios relacionados con las plataformas electrónicas de contratación, gestión de pagos, seguros, etcétera.

Los servicios pueden también prestarse a través de plataformas electrónicas (o plataformas *marketplace*) que funcionan únicamente como *bulletin board* que permite poner en contacto a los distintos usuarios (los que disponen de vehículo y los que no), sin que necesariamente la compañía que ofrece la plataforma asuma responsabilidades más allá de ponerlos en contacto. Cabe destacar iniciativas en las que se aprecia un propósito colaborativo claro entre los usuarios,

como Haxi, que en lugares como Oslo encontraba conductores que ofrecían compartir su vehículo sin cobrar y por convicción medioambiental, o Slug-Lines, que se basaba en la cultura existente en Washington D.C., de compartir coche (*slugging*). Por otra parte, los servicios de entrega de paquetes y mercancías pueden ser también ofrecidos mediante plataformas P2P (como es el caso de las compañías Instacart, Postmates, Shipbird, etc.) (Shaheen et al., 2020).

Maas a demanda

La tercera gran categoría de servicios de movilidad compartida es la que se conoce como «movilidad a demanda». Se trata de servicios de movilidad que tratan de dar cobertura en (cuasi) tiempo real a demandas concretas de trayectos por parte de usuarios de movilidad, bajo distintos esquemas de contratación y flexibilidad.

Ridesourcing

La modalidad más extendida de Maas a demanda es la de *ridesourcing*, que implica contratar los servicios de una compañía de servicios de transporte (*transportation network company*, TNC). Compañías como Uber, Lyft o Cabify ofrecen este tipo de servicios, que son también replicados por las empresas de taxis en la medida de lo posible (4) (ver la descripción de servicios *e-hail* más abajo).

Los usuarios contratan trayectos en vehículos mediante apps y pagan en función de la distancia y/o duración del trayecto. Los precios, además, pueden fluctuar en el corto plazo en función de las circunstancias de la oferta y la demanda. Los vehículos

pueden ser operados por sus propietarios, contratados por las compañías de *ridesourcing*, ofreciendo servicios estandarizados por estas. Las empresas de *ridesourcing* ofrecen la plataforma de contratación, las herramientas de pagos, etcétera.

Este tipo de compañías compete generalmente con los taxis, por lo que su despliegue puede estar limitado por la normativa local (y/o nacional) y la actitud y el grado de intervención de los ayuntamientos en la ordenación del transporte. Diversos estudios sugieren, además, que el grado de sustitución del transporte público y del vehículo privado por servicios de *ridesourcing* depende de la densidad de la ciudad (Shaheen *et al.*, 2020): en ciudades más densas/menos densas, el *ridesourcing* tiende a sustituir al transporte público/en vehículo privado.

Una de las variantes del *ridesourcing* es el *ridesplitting* o compartición de un trayecto contratado a través de una *app* (y de su coste) con otros pasajeros. En esta modalidad de servicios, los usuarios contratan desplazamientos entre dos puntos y las rutas (y el número de pasajeros en el vehículo) pueden sufrir modificaciones en tiempo real que dan lugar a precios distintos del servicio. Uber o Lyft, entre otras compañías de *ridesourcing*, ofrecen también servicios de *ridesplitting*. Con el objeto de incrementar la eficiencia de este tipo de servicios, estas compañías ofrecen descuentos a los pasajeros que los contratan en determinadas arterias de las ciudades. Aunque en estos casos hay un beneficio económico para el usuario que acepta compartir el trayecto con otras personas, esto supone también un ejemplo de propósito colaborativo.

La modalidad de *ridesplitting* a demanda puede también incluir la compartición (y/o modificación) de trayectos para entregar mercancías y compañías como Uber, Lyft o Sidecar ofrecen modalidades de servicios en esta línea (por ejemplo, UberEats) (Shaheen *et al.*, 2020).

El término *e-hail* hace referencia a la contratación de servicios de taxi mediante *apps*, que pueden incluirse en la categoría más general de servicios de *ridesourcing*. Compañías como Free Now, Arro, Hailo o PideTaxi ofrecen servicios de intermediación entre proveedores de servicios de taxi y usuarios y de integración de distintas modalidades de transporte. Free Now, por ejemplo, es una *joint venture* entre BMW y Daimler que opera en 100 ciudades en toda Europa, con 14 millones de pasajeros y más de 100.000 conductores con licencia de taxi. Además, está vinculado a los servicios de movilidad compartida (*carsharing*) de Share Now.

IV. BARRERAS Y RETOS PARA EL DESARROLLO DE LA MOVILIDAD URBANA COMPARTIDA

Pese a las ventajas potenciales de la movilidad urbana compartida en términos medioambientales (menores emisiones de CO₂ y contaminantes), económicos (reducción en el número de horas de atascos e incremento de la productividad), sociales (recuperación de espacios urbanos para actividades de ocio, etc.) y de salud de la población (reducción de los problemas respiratorios, favorecer la movilidad activa), el desarrollo y despliegue de nuevos modelos de negocio en la movilidad urbana no está

exento de problemas y retos, y su implantación está siendo más lenta y a menor escala de lo que cabía esperar hace unos años (ITF, 2021).

Diversos estudios identifican y analizan un amplio conjunto de retos y barreras al despliegue de la movilidad urbana colaborativa, entre los que se pueden incluir factores tecnológicos, regulatorios o económicos, aspectos operativos logísticos (Manders *et al.*, 2020) y otros relacionados con la percepción de seguridad, las preferencias de los usuarios, el apoyo limitado a los nuevos negocios innovadores o una falta de visión e impulso de las nuevas formas de movilidad por parte de reguladores, legisladores y decisores públicos. Además, la evidencia sobre si los nuevos servicios de movilidad sustituyen o complementan a otras formas de movilidad no es concluyente aún y depende crucialmente del tipo de servicio de movilidad y del contexto (ITF, 2021).

Butler *et al.* (2021) realizan una revisión sistemática de la literatura y distinguen entre barreras a la movilidad como servicio en el lado de la oferta (insuficiente colaboración público-privada, apoyo limitado a las empresas emprendedoras, cobertura limitada de los servicios de movilidad, falta de una visión compartida sobre la movilidad sostenible urbana o problemas asociados a la captura y uso de los datos o la ciberseguridad) y barreras en el lado de la demanda (insuficiente atractivo para las generaciones mayores, para usuarios del transporte público o para usuarios de vehículos privados, las plataformas digitales o la limitada disposición a pagar de determinados tipos de usuarios).

Merfeld *et al.* (2019) analizan la situación de la movilidad compartida en vehículos autónomos mediante encuestas a 40 expertos, identificando barreras asociadas a factores tecnológicos, de aceptación de las nuevas tecnologías, de preferencias sociales y normativos/legales. Algunas de estas barreras son comunes en general a la movilidad como servicio (por ejemplo, tiempos de espera, funcionamiento de las *apps* de movilidad, calidad del servicio, infraestructuras de recarga, aparcamiento y servicios técnicos, pérdida del espacio personal que supone el vehículo privado...). Otras barreras están específicamente relacionadas con los vehículos autónomos (por ejemplo, disponibilidad de tecnología, percepción de inseguridad, fiabilidad del servicio, aspectos legales...). Resulta interesante destacar que las barreras éticas (por ejemplo, asociadas al funcionamiento de los vehículos autónomos) y la sostenibilidad no fueron identificadas como factores relevantes para el impulso de estas formas de movilidad en la actualidad.

Somenahalli *et al.* (2019), estudiando la movilidad urbana compartida en Australia, identifican tres problemas clave para el desarrollo de este tipo de movilidad. Por un lado, debe desarrollarse un conjunto de infraestructuras (aparcamiento, recarga, etc.) en ubicaciones óptimas para la casación (*matching*) entre oferta y demanda. Por otro lado, existe una falta de integración entre la movilidad de primera/última milla (que puede cubrirse con distintos modos de movilidad compartida) y el sistema de transporte público, lo que probablemente requerirá el desarrollo de nuevos modelos de negocio y nuevas formas de

colaboración público-privada. Finalmente, deberán desplegarse tecnologías y soluciones digitales basadas en el internet de las cosas, *blockchain*, ciberseguridad, etc., para fomentar la movilidad a demanda y garantizar la seguridad e integridad de los datos de los usuarios.

Karlsson *et al.* (2020), estudiando los casos de varias ciudades en Finlandia y Suecia, identifican distintos factores que inciden sobre el desarrollo de la movilidad compartida en varios niveles (macro, meso, micro). En el nivel macro, destacan la legislación y normativa sobre el transporte, las actividades de innovación, especialmente en la Administración, y la existencia o no de una visión compartida entre agentes y *stakeholders* sobre la movilidad como servicio. En el nivel intermedio, la falta de nuevos modelos de negocio y de una cultura de colaboración y la indefinición sobre los roles de los distintos agentes dificultan el despliegue de la movilidad compartida. En el nivel micro, destacan como barreras las preferencias, hábitos y actitudes de la ciudadanía hacia la movilidad compartida y la percepción por parte de algunos segmentos de usuarios de que la oferta de servicios *MaaS* no ofrece ventajas respecto de otras soluciones convencionales de movilidad.

Kim, Lee y Son (2021) utilizan técnicas de análisis de datos y *big data* para analizar la percepción del público en general (a través de las redes sociales) sobre la movilidad compartida. Además de las barreras convencionales (resistencia al cambio por razones de preferencias personales, económicas o tecnológicas), encuentran evidencia de que los aspectos políticos (por ejemplo,

visión y planteamiento de las administraciones), sectoriales (por ejemplo, conflictos con sectores como el del taxi) y legales (ausencia de marcos legales y normativos claros y completos) pueden generar obstáculos más importantes para el desarrollo de la movilidad compartida que los asociados con la tecnología.

ITF (2021) identifica como principales barreras al despliegue a gran escala de la *MaaS* factores como la dificultad de coordinar los intereses de los distintos *stakeholders* públicos y privados, la falta de una visión compartida sobre la movilidad como servicio, la protección por parte de las empresas que innovan de aspectos relevantes de los modelos de negocio (datos, etc.), la falta de apertura de los mercados de movilidad (por ejemplo, restricciones al despliegue de iniciativas de *carsharing*), la lentitud de los cambios regulatorios (por ejemplo, relativos a los modelos de concesiones), la falta de claridad sobre el marco legal y normativo y las tensiones que generan los cambios disruptivos en el mismo o la incapacidad de los servicios de *MaaS* existentes de generar «experiencias de usuario» que induzcan cambios radicales en las preferencias sobre movilidad de las personas.

En el ámbito de la micromovilidad compartida (vehículos personales eléctricos, etc.), InnoEnergy (2021) analiza el impacto potencial de su desarrollo en Europa hasta alcanzar un 13 por 100 de la distancia total viajada en 2030. Una de las razones identificadas para su lento desarrollo hasta la fecha es la limitada sostenibilidad de las soluciones propuestas (tanto respecto de la tecnología como de los modelos de negocio),

CUADRO N.º 4

RETOS RELACIONADOS CON LA SOSTENIBILIDAD DE LA MICROMOVILIDAD

ESLABÓN DE LA CADENA DE VALOR	RETOS
Componentes de los vehículos	Escasez de procesos sostenibles de producción y reciclaje.
Integración y test de los vehículos	Cobertura limitada de casos de uso de los usuarios.
Financiación y titularidad de los activos	Falta de soluciones flexibles de alquiler/ <i>leasing</i> y de aseguramiento.
Operaciones	Costes elevados debido a la fragmentación y a los costes laborales.
Gestión de las flotas	Ineficiencias derivadas de la falta de herramientas analíticas y mantenimiento predictivo.
Modelos de colaboración	Falta de modelos de colaboración maduros entre las ciudades y los proveedores de servicio.
Plataformas de agregación	Costes elevados de captación de clientes y bajos índices de fidelidad.
Regulación	No existen incentivos o sinergias con el transporte público.

Fuente: InnoEnergy (2021).

sugiriendo incluso que su aparición en los modelos de movilidad urbana ha creado nuevos problemas (principalmente relacionados con la seguridad de peatones y usuarios y el riesgo de accidentes –ver EIT Urban Mobility (2020)–, el uso de espacios públicos como aceras, etc., y la ordenación de estas actividades). De acuerdo con el análisis de InnoEnergy, la penetración de soluciones de micromovilidad sostenibles en el ámbito urbano se enfrenta a retos muy diversos a lo largo de toda su cadena de valor (cuadro n.º 4).

A la vista de todo lo anterior, pueden identificarse algunos principios y vías de actuación de las autoridades del transporte que contribuirán a impulsar modelos de negocio innovadores en torno a la movilidad compartida y superar las barreras y retos mencionados (Stephenson *et al.*, 2018; Cleophas *et al.*, 2019; ERTICO–ITS Europe, 2019; WEF, 2020; ITF, 2021; Pettersson, Stjernborg y Curtis, 2021).

En primer lugar, resulta relevante desarrollar una visión compartida por todos los agentes (políticos, empresas, instituciones) y usuarios sobre la movilidad como servicio y su rol en la consecución de un modelo de movilidad urbana sostenible.

Adicionalmente, deberán sentarse bases legales, normativas y regulatorias para la movilidad compartida (*carsharing*, micromovilidad, etc.) que sean suficientemente claras, predecibles y flexibles (*i. e.*, no restrictivos) para facilitar la implementación de plataformas (Barreto, Amaral y Baltazar, 2018), soluciones tecnológicas y servicios innovadores por parte de las empresas, el desarrollo de nuevos esquemas de financiación de propuestas de valor innovadoras y, en paralelo, reforzar las preferencias de la ciudadanía por la nueva movilidad.

Será también necesario incrementar la capacidad efectiva de las instituciones públicas y operadores de transporte para

innovar en formas de cooperación con los proveedores de *MaaS* y de integración de los servicios públicos y privados (por ejemplo, formas de pago, billetes de transporte multiservicio o multimodales, compartición de información, etc.) (Manders *et al.*, 2020).

Además de las capacidades de decisión e implementación de nuevos esquemas operativos, los reguladores y las autoridades públicas del transporte deberán incrementar la formación y habilidades y el conocimiento de sus plantillas, con el objetivo de mejorar su capacidad de regular, gestionar y evaluar los nuevos sistemas de transporte multimodales y con una penetración mayor de la *MaaS*.

Resultará esencial establecer un sistema de captura, gestión y compartición de datos que impulse el desarrollo de servicios y tecnologías innovadoras en movilidad, garantizando, de forma simultánea, el acceso eficiente a los mismos, la interoperabilidad de sistemas y protocolos y la seguridad e integridad de la información personal.

El diseño integral de políticas complementarias en áreas como las emisiones y la contaminación, la regulación del tráfico y las restricciones a la circulación, la planificación e inversión en infraestructuras (p. ej., intermodales, de comunicación, etc.), el desarrollo de redes viarias, la estrategia de peatonalización, etc., facilitará el despliegue de la movilidad compartida. Mejorar la capacidad de financiación de las administraciones locales, en un contexto de crisis fiscal, e innovar en esquemas de financiación público-privada (ver, por ejemplo, Bellinson

et al., 2021) será esencial para impulsar la transformación de los modelos de movilidad.

El fomento de esquemas de intermodalidad eficientes en todos los ámbitos geográficos de la movilidad urbana (primera/última milla, espacio urbano, espacio periurbano) facilitará la adopción de las nuevas formas de movilidad por parte de las personas usuarias de los nuevos servicios. La prestación de servicios adicionales (p. ej., servicios de información y otros –acceso a servicios financieros, etc.–) puede ser otra vía para incrementar la aceptación de la movilidad alternativa.

Igualmente, la integración de los servicios de movilidad compartida en los ámbitos de primera y última milla con otros sectores de servicios (por ejemplo, el sector del comercio local o el turismo) puede generar vías para ofrecer valor a la ciudadanía a través de las nuevas formas de movilidad y, de esta forma, incrementar la aceptación social de los nuevos modelos de negocio.

En el ámbito específico de la micromovilidad, resulta relevante desarrollar una normativa específica que garantice la seguridad de los usuarios, además de adoptar estrategias eficientes para el desarrollo de infraestructuras esenciales (de aparcamiento, recarga, etc.) y un diseño de redes viarias que permitan integrar los vehículos personales (bicicletas, patinetes, etc.) con los vehículos convencionales (autobuses, coches, tranvías...) y las personas.

Por otro lado, un enfoque específico de las estrategias de movilidad compartida en determinados segmentos de usuarios

(por ejemplo, colegios, centros educativos, grandes centros de trabajo) puede contribuir a reducir y optimizar la utilización del vehículo privado y de los servicios de transporte en general (Engel et al., 2021).

Finalmente, será necesario tener en cuenta la dimensión socioeconómica –vertebración de barrios, accesibilidad de los servicios de transporte, diversidad de personas usuarias, aspectos de género, etc.– para garantizar la sostenibilidad social de los nuevos modelos de movilidad y lograr, como defiende Banister (2008), la participación y aceptación ciudadana necesaria para desarrollar modelos de movilidad urbana sostenible exitosos.

V. IMPACTO DE LA PANDEMIA DE LA COVID-19 SOBRE LA MOVILIDAD URBANA

De forma adicional al efecto que tendrán sobre la evolución de la movilidad las estrategias para afrontar los retos y barreras identificados en el apartado anterior en los próximos años, debe destacarse el impacto significativo sobre la movilidad en las ciudades de todo el mundo derivado de la pandemia causada por el coronavirus SARS-CoV-2. En particular, determinadas tendencias y cambios posiblemente estructurales pueden actuar como palanca para acelerar el despliegue de la movilidad compartida en todo el mundo.

La revisión de la literatura académica reciente ofrece evidencia sobre las consecuencias de la extensión del virus por todo el planeta y analiza sus implicaciones a corto, medio y largo plazo sobre la movilidad urbana (ver, por ejemplo: Fatmi, 2020; Aloï et

al., 2020; Kakderi, Oikonomaki y Papadaki, 2021; Thombre y Agarwal, 2021; ITF, 2021).

La primera y más evidente consecuencia de la pandemia y de la respuesta de los Gobiernos y las administraciones para combatirla fue la reducción drástica en 2020 de la movilidad de las personas en ciudades de todo el mundo y, por tanto, del tráfico (tanto privado como público) y de los trayectos intra- e interurbanos.

Los confinamientos domiciliarios obligados de personas modificaron de manera radical la forma de operar de empresas, administraciones, instituciones y centros educativos y han facilitado el despliegue de nuevas formas de comunicación (a través de plataformas digitales) que han generado nuevas fuentes de flexibilidad en las relaciones laborales, en la prestación de muchos servicios (por ejemplo, de asistencia médica o educativos, por parte de las administraciones, etc.).

Aunque está por ver cuál será el efecto a largo plazo, sí pueden observarse determinadas inercias como resultado de la pandemia (mayor flexibilidad para incorporar modelos de teletrabajo parcial, incremento de reuniones virtuales...) que pueden dar como resultado un descenso en la demanda de movilidad (respecto de la situación anterior a la pandemia) por parte de la ciudadanía.

La preocupación por los aspectos de seguridad sanitaria y salud y la necesidad de mantener distanciamiento físico ha tenido también consecuencias sobre el uso del transporte público, el uso de modalidades compartidas de movilidad (*carpooling* y también *carsharing*), el uso de servicios de taxi e, incluso, ha motivado un

incremento en la tasa de compra de vehículos privados (con un efecto esperado posterior al alza sobre el tráfico) (Bert *et al.*, 2020; Menon, Keita y Bertini, 2020; Fleming, 2021).

Como contrapeso a las tendencias anteriores, se ha asistido a un desarrollo significativo de formas alternativas de movilidad, incluyendo caminar, el uso de bicicletas (también bajo modelos compartidos) y otras formas de micromovilidad (patinetes eléctricos, etc.). En este ámbito, cabe destacar el desarrollo exponencial de nuevas demandas (por ejemplo, entregas de comida a domicilio) y nuevos servicios que se aprovechan del impulso de la micromovilidad en los entornos urbanos (p. ej., los servicios de entrega a domicilio de empresas como Deliveroo, Glovo, etc.).

Aunque es aún pronto para disponer de información y datos que permitan extraer conclusiones firmes sobre el impacto permanente de la pandemia del coronavirus sobre la movilidad urbana compartida, la evidencia disponible hasta el momento sugiere que se puede haber abierto una ventana de oportunidad para estas nuevas formas de movilidad en el escenario pos-COVID-19 (Andersson *et al.*, 2020; Shokouhyar *et al.*, 2021). La menor necesidad de desplazarse por motivos estructurales (teletrabajo, servicios *online*, etc.) podría tener un impacto duradero sobre las preferencias acerca del uso de vehículos privados. A la larga, esto tendrá un efecto al alza sobre la utilización del transporte público (una vez desaparezcan los temores asociados a cuestiones sanitarias) y las modalidades de movilidad como servicio como el *carsharing*, *bikesharing* o *scooter-sharing*.

VI. REFLEXIONES FINALES Y CONCLUSIONES

Este artículo revisa la situación actual de la movilidad urbana compartida (o colaborativa) y el papel que puede jugar en la transformación de los modelos de movilidad en las ciudades en sistemas de transporte de personas y mercancías sostenibles.

Los sistemas de movilidad urbana sostenibles están caracterizados por el uso de energías limpias, mayor eficiencia energética, menores emisiones de CO₂ y contaminantes, la implantación de tecnologías de información y comunicación y la digitalización de los procesos, la tendencia a la reducción de la necesidad de viajar y de las distancias viajadas y el desarrollo de la intermodalidad, integrando nuevas formas de movilidad.

En esencia, la nueva movilidad urbana sostenible implica poner a las personas en el centro de los sistemas de movilidad, reduciendo el protagonismo de los vehículos privados, impulsando la movilidad limpia y el transporte público y reorientando el uso de espacios públicos y la configuración espacial urbana y el diseño de las redes de transporte para maximizar el bienestar social y la calidad de vida de la ciudadanía.

La transformación de los sistemas de movilidad en las ciudades requerirá desarrollar tecnologías, procesos y servicios innovadores en todos los ámbitos del transporte. Esto se logrará no solo mediante una apuesta clara de los agentes públicos y privados por la inversión en innovación en movilidad, sino también a través del apoyo a nuevos modelos de negocio.

La movilidad urbana compartida (o movilidad como servicio,

en sentido amplio) ofrece alternativas muy diversas de movilidad que pueden contribuir a avanzar de forma rápida y efectiva en la consecución de modelos de transporte urbano más sostenibles y con potencial colaborativo. Sin embargo, el crecimiento de las soluciones compartidas de movilidad en los últimos años, aunque sostenido, ha resultado limitado y se enfrenta a múltiples retos.

En los próximos años, el crecimiento de la movilidad urbana compartida pasará en gran medida por aprovechar el *momentum* que están experimentando las formas de movilidad alternativas en el escenario pos-COVID-19 y responder de forma efectiva a la variedad de barreras identificadas anteriormente, relacionadas con la tecnología (de los vehículos y de información y comunicaciones), el despliegue de infraestructuras, la regulación y los aspectos legales, el papel de los distintos agentes y *stakeholders*, el desarrollo limitado de modelos de negocio innovadores, las preferencias de los usuarios o la visión compartida y el apoyo político y social a estas nuevas formas de movilidad). En este sentido, la actuación de las autoridades en materia de transporte, su liderazgo y su capacidad de innovación y de adaptación al nuevo contexto serán aspectos cruciales para impulsar las nuevas formas de movilidad.

NOTAS

(*) El autor agradece los comentarios a un borrador del artículo realizados por JAIME MENÉNDEZ SÁNCHEZ.

(1) En un sentido holístico, el concepto de «movilidad urbana colaborativa» (o cooperativa) se refiere a nuevos sistemas y modelos de movilidad en los que interactúan múltiples agentes y entidades y se establecen nuevas formas de relación, colaboración público-privada, etc., dentro de un marco más general de movilidad urbana sostenible (WEF, 2020). En este artículo se hace referencia a la

movilidad colaborativa como sinónimo de la movilidad compartida.

(2) Esta clasificación no es exhaustiva y presenta los principales modelos de negocio generales dentro de cada categoría. Dentro de la movilidad compartida, por ejemplo, no se incluyen modelos de negocio (en fase aún inicial de desarrollo) basados en la movilidad autónoma, la movilidad por el aire (taxis aéreos, por ejemplo), etc. (véase HEINEKE *et al.*, 2021).

(3) ITF (2021) distingue los modelos de negocio ofrecidos en «mercados B2C» de aquellos prestados en «mercados B2B» (*business to business*; p. ej., servicios de flotas de vehículos para grandes empresas) y de los prestados en «mercados B2G2C» (*business to government to customers*), en los que una entidad pública ofrece servicios a los usuarios finales, intermediando entre estos y los proveedores de vehículos.

(4) Hay parámetros de estos modelos de negocio que no pueden ser replicados (por ejemplo, los precios fluctuantes en función de la oferta y la demanda), a menos que la regulación y normativa que rige la operación de los taxis así lo permita.

BIBLIOGRAFÍA

ABDULJABBAR, R. L., LIYANAGE, S. y DIA, H. (2021). The role of micro-mobility in shaping sustainable cities: A systematic literature review. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 92, 102734. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102734>

ALDRED, R. (2013). The new mobilities paradigm and sustainable transport. En S. LOCKIE, D. S. SONNENFELD y D. R. FISHER (eds.), *Routledge International Handbook of Social and Environmental Change*. Routledge, Abingdon.

ALOÍ, A., ALONSO, B., BENAVENTE, J., CORDERA, R., ECHÁNIZ, E., GONZÁLEZ, F., LADISA, C., LEZAMA-ROMANELLI, R., LÓPEZ-PARRA, A., MAZZEI, V., PERRUCCI, L., PRIETO-QUINTANA, D., RODRÍGUEZ, A. y SAÑUDO, R. (2020). Effects of the COVID-19 Lockdown on Urban Mobility: Empirical Evidence from the City of Santander (Spain). *Sustainability*, 12(9), 3870. <https://doi.org/10.3390/su12093870>

ANDERSSON, L., GLÄFKE, A., MÖLLER, T. y SCHNEIDERBAUER, T. (2020). *Why shared mobility is poised to make a comeback after the crisis* [artículo

en la web]. Recuperado de: <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/why-shared-mobility-is-poised-to-make-a-comeback-after-the-crisis>

BANISTER, D. (2005). *Unsustainable Transport: City Transport in the New Century*. London: Routledge.

BANISTER, D. (2008). The sustainable mobility paradigm. *Transport Policy*, 15(2), pp. 73-80. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.10.005>

BANISTER, D. (2011). Cities, mobility and climate change. *Journal of Transport Geography*, 19(6), pp. 1538-1546. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2011.03.009>

BANISTER, D. y MARSHALL, S. (2000). *Encouraging Transport Alternatives: Good Practice in Reducing Travel*. London: The Stationery Office.

BARRETO, L., AMARAL, A., y BALTAZAR, S. (2018). Urban Mobility Digitalization: Towards Mobility as a Service (MaaS). *2018 International Conference on Intelligent Systems (IS)*. <https://doi.org/10.1109/is.2018.8710457>

BELLINSON, R., MCPHERSON, M., WAINWRIGHT, D. y KATTEL, R. (2021). Practice-based learning in cities for climate action: A case study of mission-oriented innovation in Greater Manchester. UCL Institute for Innovation and Public Purpose, *IIPP Policy Report (IIPP PR 21-03)*. Recuperado de: <https://www.ucl.ac.uk/bartlett/public-purpose/pr2021-03>

BERT, J., SCHELLONG, D., HAGENMAIER, M., HORNSTEIN, D., WEGSCHEIDER, A. K., y PALME, T. (2020). *How COVID-19 Will Shape Urban Mobility*. [artículo en la web]. Recuperado de: <https://www.bcg.com/publications/2020/how-covid-19-will-shape-urban-mobility>

BIELIŃSKI, T. y WAŻNA, A. (2020). Electric Scooter Sharing and Bike Sharing User Behaviour and Characteristics. *Sustainability*, 12(22), 9640. <https://doi.org/10.3390/su12229640>

BRŮHOVÁ FOLTÝNOVÁ, H., VEJCHODSKÁ, E., RYBOVÁ, K. y KVĚTOŇ, V. (2020). Sustainable urban mobility: One definition, different stakeholders' opinions. *Transportation Research*

Part D: Transport and Environment, 87, 102465. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102465>

BUTLER, L., YIGITCANLAR, T. y PAZ, A. (2021). Barriers and risks of Mobility-as-a-Service (MaaS) adoption in cities: A systematic review of the literature. *Cities*, 109, 103036. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.103036>

CLEOPHAS, C., COTTRILL, C., EHMKE, J.F. y TIERNEY, K. (2019). Collaborative urban transportation: Recent advances in theory and practice. *European Journal of Operational Research*, 273 (3), pp. 801-816. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.04.037>

EIT URBAN MOBILITY (2020). *E-Micromobility Safety Assessment*. Recuperado de: <https://www.eiturbanmobility.eu/wp-content/uploads/2020/07/EIT-UM-OUT6-1.pdf>

ENGEL, V., HERICKS, K., KIPP, T., WIECHMANN, L., KOELLINGER, C. y BITTER, C. (2021). *Toolbox for Mobility Management*. cities.multimodal – Urban transport system in transition towards low carbon mobility, Work Package 3, ERDF Project R072. Recuperado de: https://www.eltis.org/sites/default/files/trainingmaterials/tr_toolbox_layout_v19.pdf

ERHARDT, G. D., ROY, S., COOPER, D., SANA, B., CHEN, M. y CASTIGLIONE, J. (2019). Do transportation network companies decrease or increase congestion? *Science Advances*, 5(5), eaau2670. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aau2670>

ERTICO-ITS EUROPE (2019). *Mobility as a Service (MaaS) and Sustainable Urban Mobility Planning*. Recuperado de: https://www.eltis.org/sites/default/files/mobility_as_a_service_maas_and_sustainable_urban_mobility_planning.pdf

FATMI, M. R. (2020). COVID-19 Impact on Urban Mobility. *Journal of Urban Management*, 9(3), pp. 270-275. <https://doi.org/10.1016/j.jum.2020.08.002>

FEARNLEY, N., JOHNSON, E. y BERGE, S. H. (2020). Patterns of E-Scooter Use in Combination with Public Transport. *Transport Findings*. <https://doi.org/10.32866/001c.13707>

<p>FLEMING, S. (2021). COVID made many of us avoid public transport – what will it take to get us back on the bus? [artículo en web]. <i>World Economic Forum</i>. Recuperado de: https://www.weforum.org/agenda/2021/02/public-transport-covid-data/</p> <p>FORWARD, S. (ED.), HYLÉN, B., BARTA, D., CZERMASKI, E., ÅKERMAN, J., VESELA, J., ISAKSSON, K., DBICKA, O., BRAND, R., FORWARD, S., HREBICEK, Z., ERIKSSON, C., SØRENSEN, C. H., KRESSLER, F., NYBERG, J. y WEISS, L. (2014). <i>Challenges and barriers for a sustainable transport system – state of the art report</i>. Transforum. Recuperado de: https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/101281108/Challenges_and_barriers_for_a_sustainable_transport_systemstate_of_the_art_report.pdf</p> <p>FOURNIER, G. (2017). The New Mobility Paradigm. Transformation of Value Chain and Value Proposition Through Innovations. En D. ATTIAS (ed.), <i>The Automobile Revolution</i>. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45838-0_3</p> <p>HEINEKE, K., KLOSS, B., SCURTU, D. y WEIG, F. (2019a). Micromobility's 15,000-mile checkup [artículo en la web]. <i>McKinsey</i>. Recuperado de: https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/micromobilitys-15000-mile-checkup</p> <p>HEINEKE, K., KLOSS, B., MÖLLER, T. y WIEMUTH, C. (2021). Shared mobility: Where it stands and where it's going [artículo en la web]. <i>McKinsey</i>. Recuperado de: https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/shared-mobility-where-it-stands-where-its-headed</p> <p>HICKMAN, R., HALL, P. y BANISTER, D. (2013). Planning more for sustainable mobility. <i>Journal of Transport Geography</i>, 33, pp. 210-219. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2013.07.004</p> <p>INNOENERGY (2021). <i>Examining the impact of a sustainable electric micromobility approach in Europe</i>. Recuperado de: https://www.innoenergy.com/discover-innovative-solutions/reports/micromobility-report/</p>	<p>ITF (2021). The Innovative Mobility Landscape. The Case of Mobility as a Service. <i>International Transport Forum Policy Papers</i>, 92. París, OECD Publishing. Recuperado de: https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/innovative-mobility-landscape-maas.pdf</p> <p>JOHANSSON, F. (2019). <i>Towards a sustainable mobility paradigm? An assessment of three policy measures</i>. Mimeo. Recuperado de: http://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:1273853/FULLTEXT01.pdf</p> <p>KAKDERI, C., OIKONOMAKI, E. y PAPADAKI, I. (2021). Smart and Resilient Urban Futures for Sustainability in the Post COVID-19 Era: A Review of Policy Responses on Urban Mobility. <i>Sustainability</i>, 13(11), 6486. https://doi.org/10.3390/su13116486</p> <p>KARLSSON, I.C.M., MUKHTAR-LANDGREN, D., SMITH, G., KOGLIN, T., KRONSELL, A., LUND, E., SARASINI, S. y SOCHOR, J. (2020). Development and implementation of Mobility-as-a-Service – A qualitative study of barriers and enabling factors. <i>Transportation Research Part A: Policy and Practice</i>, 131, pp. 283-295. https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.09.028</p> <p>KIM, S., LEE, H. y SON, S.-W. (2021). Emerging Diffusion Barriers of Shared Mobility Services in Korea. <i>Sustainability</i>, 13(14), p. 7707. https://doi.org/10.3390/su13147707</p> <p>KUHN, T. S. (1962). <i>The structure of scientific revolutions</i>. Chicago: University of Chicago Press.</p> <p>LYONS, G. (2018). Getting Smart About Urban Mobility – Aligning the Paradigms of Smart and Sustainable. <i>Transportation Research Part A: Policy and Practice</i>, 115, pp. 4-14. https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.12.001</p> <p>MACHADO, C., DE SALLES HUE, N., BERSSANI, F. y QUINTANILHA, J. (2018). An Overview of Shared Mobility. <i>Sustainability</i>, 10(12), p. 4342. https://doi.org/10.3390/su10124342</p> <p>MANDERS, T., COX, R., WIECZOREK, A. y VERBONG, G. (2020). The ultimate smart mobility combination for sustainable transport? A</p>	<p>case study on shared electric automated mobility initiatives in the Netherlands. <i>Transportation Research Interdisciplinary Perspectives</i>, 5, 100129. https://doi.org/10.1016/j.trip.2020.100129</p> <p>MARSHALL, S. (2001). The challenge of sustainable transport. En A. LAYARD, S. DAVOUDI y S. BATTY (eds.), <i>Planning for a Sustainable Future</i>, pp. 131-147. Londres: Spon.</p> <p>MENÉNDEZ, J. y FERNÁNDEZ, J. (2020). Movilidad sostenible: caracterización y nuevos modelos de negocio. <i>Cuadernos Orkestra 70/2020</i>, ISSN 2340-7638. San Sebastián: Orkestra. Recuperado de: https://www.orkestra.deusto.es/es/investigacion/publicaciones/informes/cuadernos-orkestra/2001-200024-movilidad-sostenible-caracterizacion-nuevos-modelos-negocio</p> <p>MENON, N., KEITA, Y. y BERTINI, R. L. (2020). <i>Impact of COVID-19 on Travel Behavior and Shared Mobility Systems, Final Report</i>. Prepared for: National Center for Transit Research (NCTR). USF Center for Urban Transportation Research Final Report 2020-10. Recuperado de: https://digitalcommons.usf.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1253&context=cutr_nctr</p> <p>MERFELD, K., WILHELMS, M.-P., HENKEL, S., y KREUTZER, K. (2019). Carsharing with shared autonomous vehicles: Uncovering drivers, barriers and future developments – A four-stage Delphi study. <i>Technological Forecasting and Social Change</i>, 144, pp. 66-81. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.03.012</p> <p>ONGEL, A., LOEWER, E., ROEMER, F., SETHURAMAN, G., CHANG, F., y LIENKAMP, M. (2019). Economic Assessment of Autonomous Electric Microtransit Vehicles. <i>Sustainability</i>, 11(3), p. 648. https://doi.org/10.3390/su11030648</p> <p>PETERSSON, F., STJERNBORG, V. y CURTIS, C. (2021). Critical challenges in implementing sustainable transport policy in Stockholm and Gothenburg. <i>Cities</i>, 113, 103153. https://doi.org/10.1016/j.cities.2021.103153</p>
--	--	---

<p>POLYDOROPOULOU, A., PAGONI, I., TSIRIMPA, A., ROUMBOUTSOS, A., KAMARGIANNI, M. y TSOUROU, I. (2020). Prototype business models for Mobility-as-a-Service. <i>Transportation Research Part A: Policy and Practice</i>, 131, pp. 149-162. https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.09.035</p> <p>REYES GARCÍA, J. R., LENZ, G., HAVEMAN, S. P. y BONNEMA, G. M. (2019). State of the Art of Mobility as a Service (MaaS) Ecosystems and Architectures-An Overview of, and a Definition, Ecosystem and System Architecture for Electric Mobility as a Service (eMaaS). <i>World Electric Vehicle Journal</i>, 11(1), p. 7. https://doi.org/10.3390/wevj11010007</p> <p>SHAHEEN, S. y CHAN, N. (2016). <i>Mobility and the Sharing Economy: Potential to Overcome First – and Last-Mile Public Transit Connections</i>. UC Berkeley: Transportation Sustainability Research Center. https://dx.doi.org/10.7922/G2862DN3</p> <p>SHAHEEN, S. y COHEN, A. (2016). <i>Innovative Mobility Carsharing Outlook: Carsharing Market Overview, Analysis, and Trends</i>. Presentación, UC Berkeley Transportation Sustainability Research Center. Recuperado de: http://innovativemobility.org/wp-content/uploads/2016/02/Innovative-Mobility-Industry-Outlook_World-2016-Final.pdf</p> <p>SHAHEEN, S. A., COHEN, A. P. y ZOHDY, I. H. (2016a). <i>Shared mobility: current practices and guiding principles: Report FHWA-HOP-16-022</i>. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. Recuperado de: https://ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop16022/fhwahop16022.pdf</p> <p>SHAHEEN, S. A., COHEN, A. P., ZOHDY, I. H. y KOCK, B. (2016b). <i>Smartphone applications to influence travel choices: practices and policies</i>. U.S. Department of Transportation:</p>	<p>Report FHWA-HOP-16-023. Federal Highway Administration. Recuperado de: https://ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop16023/fhwahop16023.pdf</p> <p>SHAHEEN, S., COHEN, A., CHAN, N. y BANSAL, A. (2020). Sharing strategies: carsharing, shared micromobility (bikesharing and scooter sharing), transportation network companies, microtransit, and other innovative mobility modes. En E. DEAKIN (ed.), <i>Transportation, Land Use, and Environmental Planning</i>, pp. 237-262. Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815167-9.00013-X</p> <p>SHAHEEN, S., MARTIN, E. y HOFFMAN-STAPLETON, M. (2021) Shared mobility and urban form impacts: a case study of peer-to-peer (P2P) carsharing in the US. <i>Journal of Urban Design</i>, 26(2), pp. 141-158. https://doi.org/10.1080/13574809.2019.1686350</p> <p>SHELLER, M. y URRY, J. (2006). The New Mobilities Paradigm. <i>Environment and Planning A: Economy and Space</i>, 38(2), pp. 207-26. https://doi.org/10.1068/a37268.</p> <p>SHOKOUHYAR, S., SHOKOHHYAR, S., SOBHANI, A. y GORIZI, A. J. (2021). Shared mobility in post-COVID era: New challenges and opportunities. <i>Sustainable Cities and Society</i>, 67, 102714. https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102714</p> <p>SOMENAHALLI, S., MENG, L., SLEEP, C. y BERRY, S. (2019). <i>Barriers to the provision of shared mobility services. Final Report</i>. Low Carbon Living CRC RP2021e: Greening Inner-urban Travel with Sharing Economy Mobility Services. Recuperado de: http://www.lowcarbonlivingcrc.com.au/sites/all/files/publications_file_attachments/rp2021e1_-_barriers_for_provision_of_sharing_economy_mobility_services_-_final_report.pdf</p> <p>STEPHENSON, J., SPECTOR, S., HOPKINS, D. y MCCARTHY, A. (2018). Deep interventions for a sustainable transport future. <i>Transportation</i></p>	<p><i>Research Part D: Transport and Environment</i>, 61, pp. 356-372. https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.06.031</p> <p>STOCKER, A. y SHAHEEN, S. (2017). Shared Automated Vehicles: Review of Business Models. <i>International Transport Forum Discussion Paper 2017-09</i>. Transportation Sustainability Research Center, University of California, Berkeley. Recuperado de: https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/shared-automated-vehicles-business-models.pdf</p> <p>THOMBRE, A. y AGARWAL, A. (2021). A paradigm shift in urban mobility: Policy insights from travel before and after COVID-19 to seize the opportunity. <i>Transport Policy</i>, 110, pp. 335-353. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2021.06.010</p> <p>TIRACHINI, A., CHANIOTAKIS, E., ABOUELELA, M. y ANTONIOU, C. (2020) The sustainability of shared mobility: can a platform for shared rides reduce motorized traffic in cities? <i>Transportation Research Part C: Emerging Technologies</i>, 117, 102707. https://doi.org/10.1016/j.trc.2020.102707</p> <p>URRY, J. (2007). <i>Mobilities</i>. Cambridge: Wiley.</p> <p>VALSECCHI RIBEIRO DE SOUZA, J., MAROTTI DE MELLO A. y MARX, R. (2019). When Is an Innovative Urban Mobility Business Model Sustainable? A Literature Review and Analysis. <i>Sustainability</i>, 11(6), p. 1761. https://doi.org/10.3390/su11061761</p> <p>WEF. (2020). <i>Guidelines for City Mobility. Steering Towards Collaboration</i>. Recuperado de: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Guidelines_for_City_Mobility_2020.pdf</p> <p>ZHAO, X., KE, Y., ZUO, J., XIONG, W. y WU, P. (2020). Evaluation of Sustainable Transport Research in 2000-2019. <i>Journal of Cleaner Production</i>, 256, 120404. http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120404</p>
--	--	---

Resumen

Este artículo tiene por objetivo analizar el uso y los mecanismos de financiación del transporte público en las áreas urbanas en España y, a la luz de los argumentos económicos que justifican su subvención, sugerir posibles vías de actuación que garanticen la estabilidad financiera. Como resultado del análisis se defiende, en primer lugar, disponer de una metodología común que permita calcular el nivel y estructura de tarifas eficiente en cada ciudad. En segundo lugar, buscar mecanismos que incentiven un comportamiento eficiente de las administraciones públicas y de los operadores de transporte y, por último, diversificar el origen de los recursos necesarios para financiar el transporte urbano.

Palabras clave: transporte urbano, reparto modal, financiación, sostenibilidad.

Abstract

This paper aims to analyze the use and financing mechanisms of public transport in urban areas in Spain and, in the light of the economic arguments that justify its subsidy, suggest possible ways of action that guarantee financial stability. As a result of the analysis, it is defended, first of all, to have a common methodology that allows calculating the level and efficient rate structure in each city. Second, seek mechanisms that encourage public administrations and transport operators efficiency and, finally, diversify the source of the resources necessary to finance urban transport.

Keywords: public transport, urban areas, financing, sustainability.

JEL classification: R42, R48, R51.

EL TRANSPORTE PÚBLICO URBANO: FINANCIACIÓN Y USO

Anna MATAS PRAT

Jordi PERDIGUERO GARCÍA

Universitat Autònoma de Barcelona i Institut d'Economia de Barcelona

I. INTRODUCCIÓN

LAS menores externalidades que genera el transporte público, junto con un uso más eficiente del espacio, en comparación con los modos de transporte privado, contribuyen a un desarrollo más eficiente de las ciudades y las grandes aglomeraciones urbanas. Dada la aportación del automóvil a la emisión de gases de efecto invernadero y contaminantes locales, la reducción de su cuota de mercado en favor del transporte público es un elemento clave para avanzar en la descarbonización. Hay que tener en cuenta que aproximadamente el 70 por 100 de la contaminación en las ciudades europeas proviene del transporte motorizado (Rojas-Rueda *et al.*, 2012).

Las ciudades y áreas metropolitanas ofrecen servicios de transporte público diversos, más complejos a medida que aumenta el tamaño del municipio, con un precio inferior a los costes de explotación. Además, los costes de inversión en infraestructura de los modos ferroviarios se asumen, en general, con cargo al presupuesto público. Los recursos que exige el funcionamiento del sistema generan problemas financieros para las administraciones responsables que se agravan en los períodos de recesión económica. Es frecuente que las restricciones presupuestarias obliguen a las autoridades de

transporte a aumentar las tarifas y/o reducir la calidad del servicio poniendo en entredicho el papel que el transporte público debería jugar en las ciudades. Estas dificultades financieras pueden verse agravadas por los cambios que recientemente se observan en la demanda. A corto plazo, la pérdida de demanda del transporte colectivo como consecuencia de la COVID-19, que habrá que ver si se logra recuperar. En segundo lugar, el auge de la movilidad activa (bicicleta y patinete, entre otros) que, en un elevado porcentaje, proviene de antiguos o potenciales usuarios del transporte público. En tercer lugar, la continuidad en el proceso de suburbanización residencial, que resta eficiencia a la oferta de transporte público. Por último, el envejecimiento de la población, que requiere una oferta de servicio más adaptada a sus necesidades. Se intuye, por tanto, necesario garantizar la sostenibilidad financiera del sistema de transporte.

Este artículo tiene por objetivo analizar los mecanismos de financiación del transporte público en las áreas urbanas en España y, a la luz de los argumentos que justifican su subvención en términos económicos, sugerir posibles vías de actuación que garanticen la estabilidad financiera. Para ello, el artículo parte del análisis de la cuota del transporte urbano en las principales ciudades españolas, y se compa-

ra con algunas de sus homólogas en Europa. A continuación, en la sección tercera se discuten los argumentos económicos que determinan los precios óptimos y, por ende, el correspondiente nivel de subvención. En la sección cuarta se describe el mecanismo de financiación del transporte público urbano en España y se aporta evidencia para un conjunto de ciudades. En la quinta sección se detallan posibles vías de actuación para garantizar la sostenibilidad financiera, con especial interés en las fuentes de financiación alternativas. Unas conclusiones cierran el artículo.

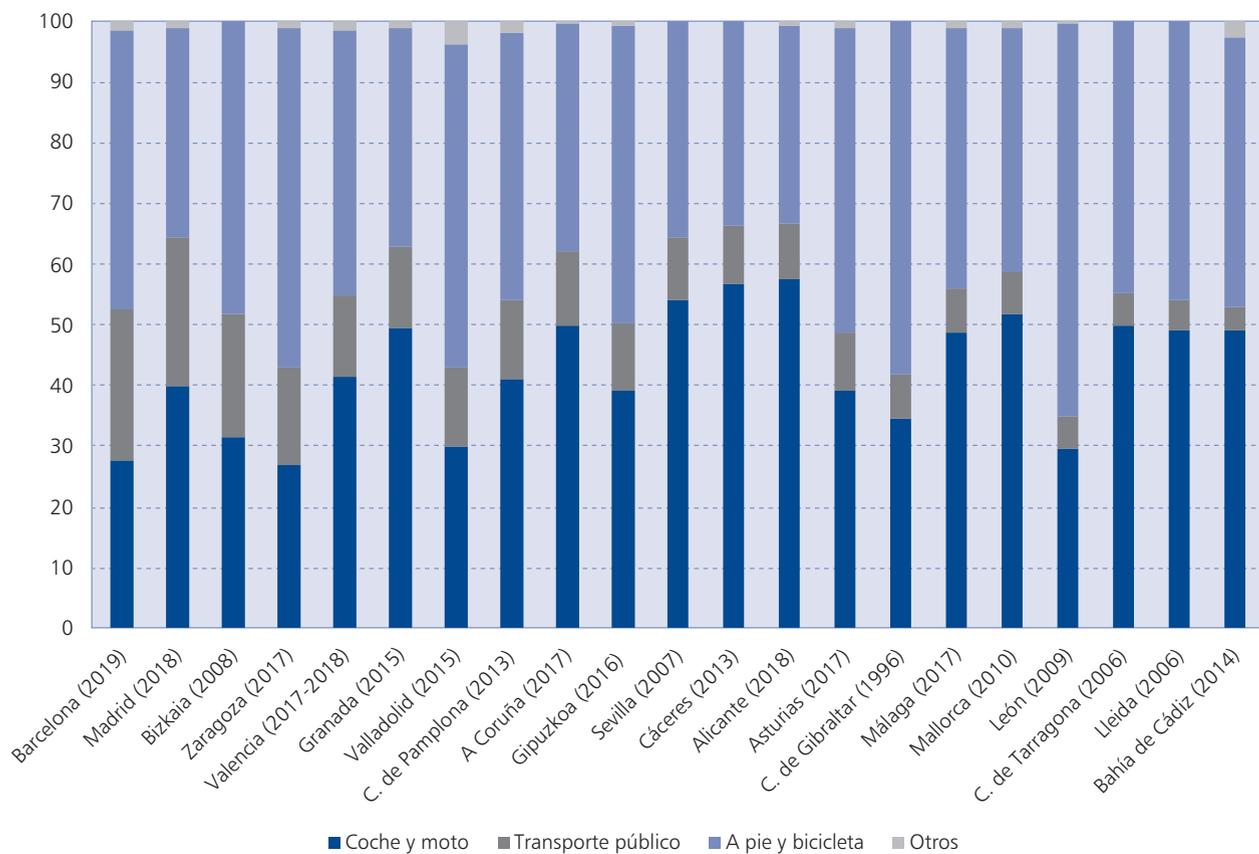
II. USO DEL TRANSPORTE PÚBLICO

Un primer elemento esencial para entender el papel del transporte público y su financiación es conocer el uso que de él se hace. Son muy diversas las formas de transporte entre las que los ciudadanos pueden elegir para realizar sus trayectos, desde las más tradicionales como pueden ser el vehículo privado, el transporte público, a pie o en bicicleta; hasta los más novedosos: la bicicleta o motocicleta eléctrica compartida o los patinetes eléctricos. La elección

por parte de los ciudadanos de una u otra alternativa dependerá básicamente de dos elementos: el coste monetario de cada uno de los medios de transporte; y el coste de tiempo, cuánto tiempo se emplea en realizar el desplazamiento en cada uno de ellos.

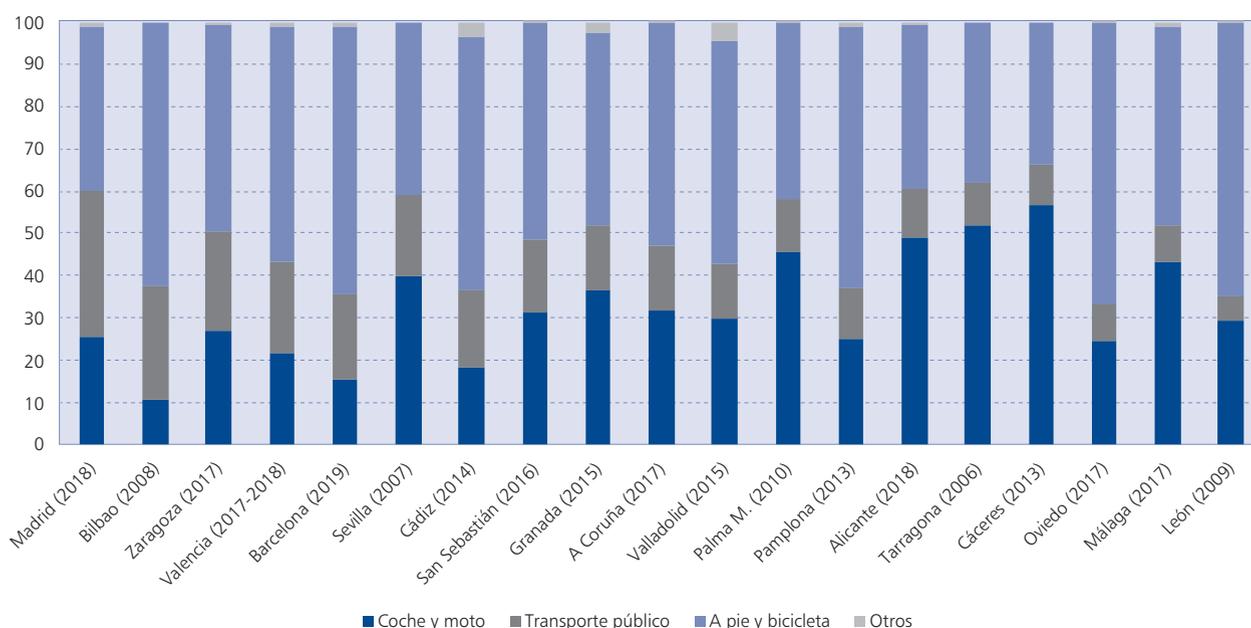
Como se puede observar en el siguiente gráfico elaborado a partir de los datos del Observatorio de la Movilidad Metropolitana (OMM) (1), la distribución entre los diferentes modos de transporte es muy heterogénea. El uso del coche o la moto es mayoritario en áreas metropolitanas

GRÁFICO 1
REPARTO MODAL TODOS LOS MOTIVOS
(Porcentaje)



Fuente: Observatorio de la Movilidad Metropolitana-2019 (Monzón et al., 2021).

GRÁFICO 2
REPARTO MODAL DE LOS DESPLAZAMIENTOS REALIZADOS DENTRO DE LA CIUDAD CAPITAL
 (Porcentaje)



Fuente: Observatorio de la Movilidad Metropolitana-2019 (Monzón et al., 2021).

como Sevilla, Mallorca, Alicante o Cáceres para los desplazamientos realizados dentro del área metropolitana, mientras que no alcanza el 30 por 100 en áreas como Barcelona, Zaragoza, Valladolid o León. Precisamente son estas mismas áreas las que presentan un porcentaje de trayectos a pie cercano o superior al 50 por 100. Estos datos contrastan con la utilización del transporte público, donde salvo las ciudades más grandes de España que superan el 20 por ciento (Madrid, Barcelona y Bizkaia), es el modo de transporte que recoge un menor porcentaje de desplazamientos.

Cuando el ámbito de referencia geográfico se sitúa en la ciudad capital, en ocasiones un área mucho más reducida y con una mayor oferta de transporte público, los resultados cambian de forma significativa. Como se

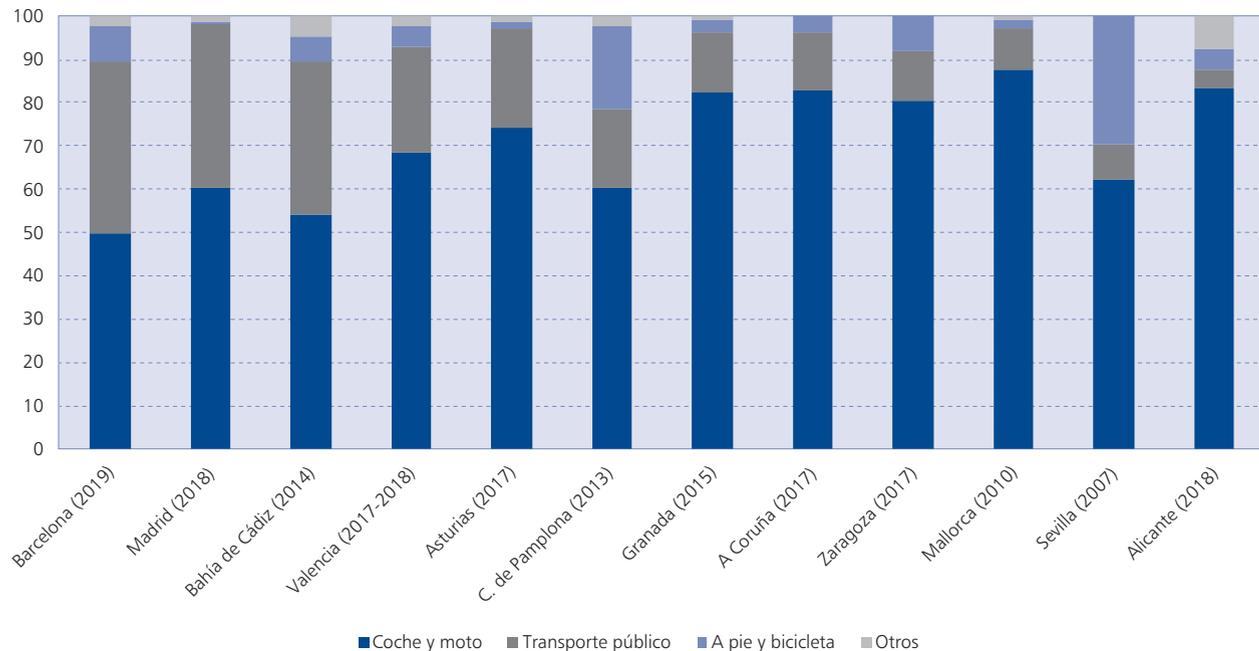
puede apreciar en el gráfico 2, en este caso el uso del coche o la moto deja de ser mayoritario (con la excepción de Tarragona y Cáceres), y las opciones que ganan peso son los trayectos a pie o en bicicleta, que superan el 50 por 100 en un amplio número de ciudades (Barcelona, Valencia, Bilbao, Oviedo, Cádiz, San Sebastián, Valladolid, Pamplona, A Coruña y León). Lo que no cambia de forma significativa es el papel minoritario del transporte público. Con excepción de las grandes ciudades como Madrid (34,4 por 100), Bilbao (26,8 por 100), Zaragoza (23,7 por 100), Valencia (21,8 por 100) o Barcelona (19,7 por 100), el resto se sitúan entre el 5 y el 15 por 100. Es solo en estas ciudades donde el peso del transporte público supera o iguala el del transporte privado. Por tanto, los datos parecen señalar que

la oferta y el uso del transporte público tiene un amplio margen de mejora, especialmente en los desplazamientos que van más allá de la propia ciudad y fuera de las grandes áreas urbanas. Esta apreciación se confirma si se observan los desplazamientos centro-periferia que son los de más larga distancia y, por tanto, menos aptos para realizar a pie. En estos trayectos, la cuota de mercado de coche y moto supera a la del transporte público en todas las áreas metropolitanas. El porcentaje más alto de transporte público se alcanza en Barcelona (40 por 100), Madrid (38 por 100), Bahía de Cádiz (35 por 100) y Valencia (24 por 100), tal como se puede ver en el gráfico 3.

Sin embargo, si comparamos el comportamiento de las ciudades españolas con el resto de las

GRÁFICO 3

REPARTO MODAL DE LOS DESPLAZAMIENTOS REALIZADOS DESDE LA CIUDAD CAPITAL AL ÁREA METROPOLITANA (Porcentaje)



Fuente: Observatorio de la Movilidad Metropolitana-2019 (Monzón et al., 2021).

ciudades europeas, podemos ver como en estas últimas el porcentaje de trayectos que se realizan en vehículo privado es todavía superior. Si analizamos los movimientos dentro de la ciudad, como se puede apreciar en el gráfico 4 mientras que el promedio en las ciudades españolas se sitúa en el 27 por 100, en el resto de las ciudades europeas es del 35,2 por 100. De hecho, los trayectos en transporte público también son inferiores en España en comparación con el resto de las ciudades europeas (25,2 por 100 frente al 29,9 por 100), debido a que son muchos más los trayectos que se realizan a pie o en bicicleta en España (49,8 por 100 frente al 34,8 por 100). Al igual que ocurría en el caso español, si observamos los movimientos en toda el área me-

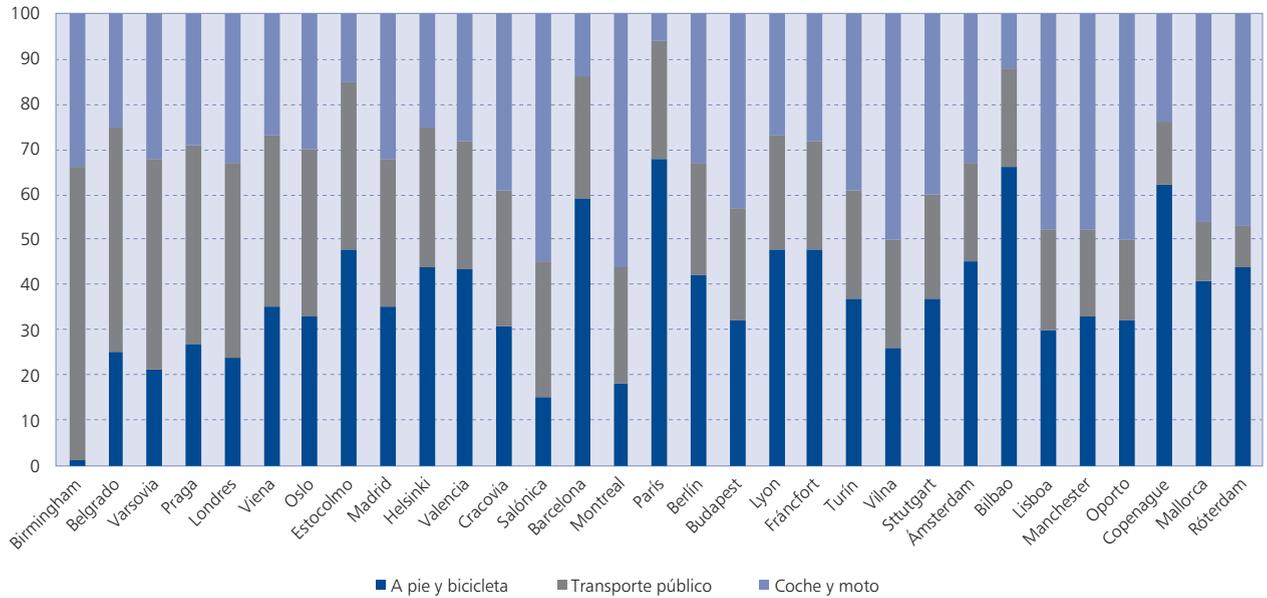
tropolitana (véase el gráfico 5), y no únicamente los movimientos dentro de la ciudad, el peso de los trayectos en vehículo propio crece, mientras que el transporte público, y los trayectos a pie y en bicicleta disminuyen. Sin embargo, las diferencias entre las ciudades españolas y las europeas se mantienen: vehículo propio (42 por 100 frente al 49,2 por 100), transporte público (16,6 por 100 frente al 21 por 100) y a pie o en bicicleta (41,2 por 100 frente al 29,9).

Por tanto, como indicábamos anteriormente, el transporte público en España tiene margen de mejora, como mínimo hasta situarse en la media de las principales ciudades europeas, siempre y cuando sea a costa de disminuir el número de trayectos

que se realizan en vehículo privado, no a costa de los que se realizan a pie o en bicicleta. Este elemento es muy importante al diseñar las políticas de movilidad. Si el fomento de modos de transporte sostenible, como la creación de carriles bici para promocionar la bicicleta, o la introducción del patinete eléctrico, supone únicamente un trasvase de trayectos desde el transporte público, y no del vehículo privado, el impacto sobre la descarbonización del transporte será mínimo, y dificultará la financiación del transporte público.

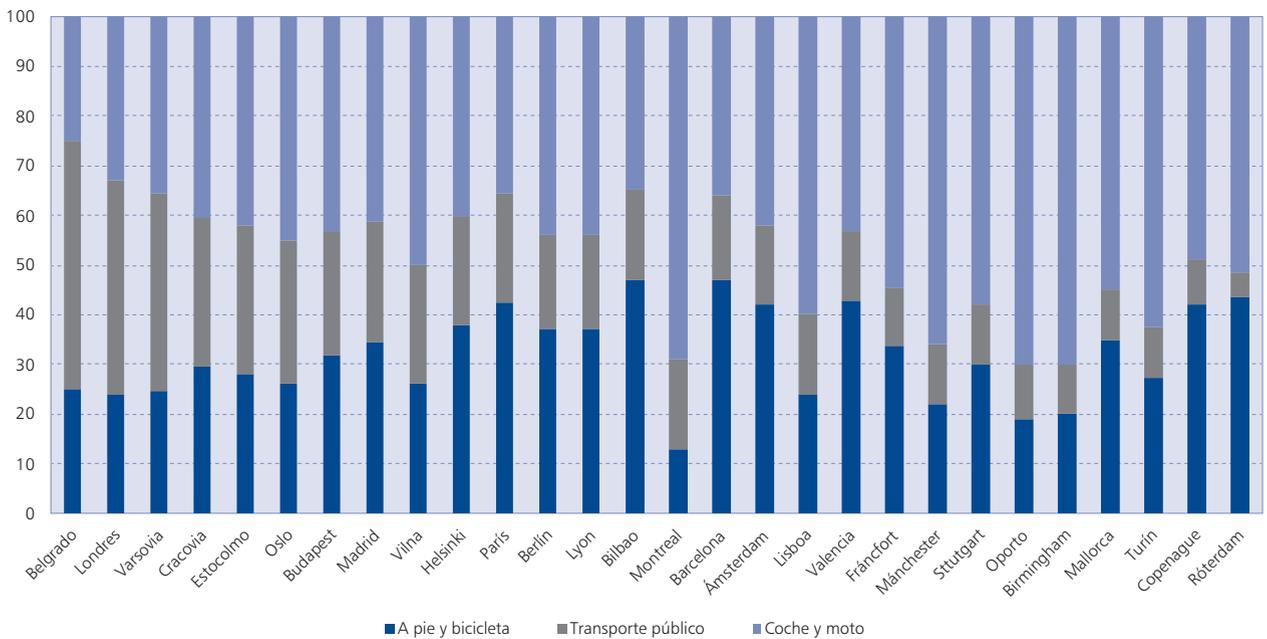
Además, se debe tener en cuenta el posible impacto de la COVID-19, parte del cual puede ser permanente, sobre la demanda del transporte público. Dicha demanda sufrió una caída drás-

GRÁFICO 4
REPARTO MODAL DE LOS DESPLAZAMIENTOS EN LAS PRINCIPALES CIUDADES EUROPEAS (2019)
(Porcentaje)



Fuente: European Metropolitan Transport Authorities (EMTA, 2021).

GRÁFICO 5
REPARTO MODAL DE LOS DESPLAZAMIENTOS EN LAS PRINCIPALES ÁREAS METROPOLITANAS DE EUROPA (2019)
(Porcentaje)



Fuente: European Metropolitan Transport Authorities (EMTA, 2021).

tica como consecuencia de las restricciones de movilidad impuestas con el objetivo de luchar contra la pandemia, unido al miedo a los contagios por parte de los usuarios. Según los datos de viajeros en transporte público urbano del Instituto Nacional de Estadística (INE), en octubre de 2021 solo se había recuperado un 72 por 100 de la demanda previa a la pandemia, mientras que el transporte privado ya se había recuperado al 100 por 100. Parte de la reducción del número de pasajeros puede explicarse por el aumento del teletrabajo respecto a la situación previa a la pandemia. La encuesta sobre equipamientos y uso de las tecnologías de información y comunicación del INE señala que en el período de mayo-agosto de 2021 un 17,6 por 100 de los ocupados continuaba teletrabajando, porcentaje claramente superior en la Comunidad de Madrid (34,5 por 100) y en Cataluña (23,4 por 100). No obstante, una parte significativa de los usuarios habituales del transporte público han sustituido este modo por el coche particular o los desplazamientos a pie. Una encuesta publicada por la Asociación de Transportes Públicos Urbanos y Metropolitanos pone de manifiesto que, en el período mayo-julio de 2021, el principal argumento para un menor uso del transporte público es el miedo o precauciones ante posibles contagios (62 por 100), siendo los motivos relacionados con el trabajo y estudio la segunda causa (28 por 100). Entre estos últimos, el teletrabajo supone un 18 por 100, porcentaje que se eleva al 25 por 100 para las áreas metropolitanas de Madrid y Barcelona. El efecto permanente sobre la demanda de transporte público dependerá de qué parte del incremento del teletrabajo se

acabe consolidando y de la capacidad del transporte público para recuperar los antiguos usuarios.

Para reducir el uso del vehículo privado, y que estos trayectos pasen al menos parcialmente al transporte público, se pueden implementar principalmente tres tipos de medidas: las que pretenden afectar a la cantidad de vehículos que pueden circular; las que promocionan los modos alternativos; y las que modifican el precio (el coste) de utilizar el vehículo privado.

Respecto a las medidas que pretenden afectar a la cantidad de vehículos que pueden circular, la que mayor atención ha recibido recientemente es la introducción de las zonas de bajas emisiones (ZBE). Esta medida consiste en no permitir circular a vehículos que tengan determinadas características, normalmente aquellos vehículos más contaminantes, los más antiguos o los vehículos diésel. Son diversas las ciudades alemanas que han aplicado este mecanismo, así como Coímbra y Lisboa en Portugal. En el caso de Alemania, aunque los resultados muestran una reducción significativa del tráfico rodado, y por tanto del nivel de PM_{10} (Malina y Scheffer, 2015), el efecto se concentra en las grandes ciudades, siendo no significativo en las ciudades pequeñas (Wolf, 2014). Para el caso de Portugal los resultados son similares, mostrando reducciones significativas en los niveles de tráfico y contaminación, tanto en Coímbra (Dias, Tchepel y Antunes, 2016), como en Lisboa (Santos, Gómez-Losada y Pires, 2019). Esta medida se ha llegado a implementar en España, con las iniciativas de Madrid Central y la zona de bajas emisiones del área

metropolitana de Barcelona. Sin embargo, tal como señalan Fageda y Flores-Fillol (2018), estas regulaciones pueden dejar de ser eficientes en el medio y largo plazo, cuando los ciudadanos cambian sus vehículos antiguos por otros nuevos que sí cumplen con las condiciones de la ZBE, incrementando de nuevo el tráfico y la contaminación. Además, esta medida puede tener un carácter regresivo, ya que serán los usuarios con mayores niveles de renta los que podrán cambiar de vehículo y adaptarse a las condiciones de la ZBE.

Una segunda opción es la promoción de modos de transporte alternativos al vehículo privado, especialmente el transporte público, la bicicleta y el patinete eléctrico. Respecto al transporte público, la política más comúnmente utilizada ha sido la reducción del precio (principalmente a través de subvenciones), tal como se expondrá en la sección cuarta. La elevada inelasticidad de la demanda frente al precio, no obstante, reduce la efectividad de esta medida. Dado que la demanda es más elástica con respecto al tiempo, una opción más efectiva es mejorar los tiempos de viaje. Por ejemplo, la creación de carriles especiales para los autobuses puede contribuir a un aumento de la cuota del transporte público frente al vehículo privado. En este sentido, Basso y Silva (2014) hallan que para Santiago de Chile una política de incremento del número de kilómetros de los carriles reservados para el autobús sería más eficiente para reducir el uso del automóvil que las subvenciones para reducir el precio.

Más recientemente, se ha impulsado el aumento de la movilidad activa, en particular se

han incrementado los kilómetros de carril reservado para las bicicletas y similares. Hay, sin embargo, que tener en cuenta que los modos de transporte alternativos compiten entre sí, y que medidas de promoción de uno de ellos puede perjudicar a otro. Por ejemplo, la creación de carriles bici puede generar un impulso significativo al uso de la bicicleta, pero puede dificultar la circulación del transporte público, generando un incremento en sus costes operativos y un mayor tiempo de transporte, provocando una disminución en su uso. Estas externalidades hay que tenerlas en cuenta cuando se diseñan las políticas de promoción de los modos de transporte alternativos.

La innovación tecnológica ofrece nuevas oportunidades al transporte público en áreas urbanas. Las autoridades de transporte apuestan por el desarrollo de lo que se conoce como *MaaS* (*Mobility as a Service*), que tiene por objetivo integrar todos los modos de transporte en un único servicio de movilidad accesible a demanda. En este servicio integrado, el transporte público puede actuar como espina dorsal y estar complementado con otros servicios como taxi o bicicleta compartida (López-Carreiro, Monzón y López-Lambas, 2021).

Por último, se podrían implementar medidas que afecten al precio del vehículo privado, es decir, al coste de utilizarlo. Son diversas las medidas que se pueden implementar para encarecer el uso del vehículo privado: 1) incrementar los impuestos de matriculación o sobre los carburantes; 2) generalizar los aparcamientos de pago (Gragera y Albalate, 2016); y 3) establecer peajes de acceso a las ciudades.

La implementación concretamente de los peajes de acceso es cada vez más común en todo el mundo, con experiencias en Singapur, Londres, Estocolmo, o Milán. Los resultados muestran, en general, una reducción significativa en el tráfico, en los niveles de congestión y de contaminación. Estas tres medidas tienen una ventaja frente a los mecanismos anteriores (control de la cantidad y fomento del transporte público), y es que no solo es eficiente en la reducción del uso del vehículo privado, sino que además genera recursos a la hacienda local, que como veremos en la quinta sección, pueden ser un buen método alternativo de financiación del transporte público.

III. PRECIOS EFICIENTES Y SUBVENCIÓN ÓPTIMA

En la sección anterior se ha apuntado la subvención al transporte público como una posible medida para incrementar su cuota de mercado. Resulta relevante preguntarse si la subvención está justificada en términos de eficiencia y, de ser así, cuál es su nivel óptimo. En economía del transporte existe un amplio debate acerca de este punto, cuya respuesta no es fácil ni tampoco única. En un contexto de primera preferencia, el precio debería ser igual al coste marginal social de una unidad adicional de transporte (2). El cálculo del coste marginal social no es sencillo. A diferencia de otros bienes, el coste incluye los costes de operación para la empresa y los costes de tiempo para el usuario. El precio óptimo también debe incluir los costes externos de contaminación ambiental, pero, dado que el impuesto fijado para internalizar dichos costes no está asignado a cubrir los costes de

explotación, aquí, por simplicidad, los costes ambientales no se incluyen en el análisis.

En primer lugar, la regla óptima de precios debe tener en cuenta las posibles economías de escala derivadas de incrementar el número de plazas disponibles. Las economías de escala son importantes sobre todo para aquellos modos con elevados costes de infraestructura. Un segundo tipo de economías de escala surgen en relación con el tiempo de espera. Si la demanda aumenta, resulta óptimo incrementar la frecuencia dado que ello se traduce en una reducción del tiempo de espera (se conoce como «efecto Mohring»). Por otro lado, a medida que aumenta el número de pasajeros en un vehículo aparecen economías negativas relacionadas con la incomodidad del viaje, efecto que podríamos llamar costes de masificación (Hörcher y Graham, 2018). Tanto las economías de escala como los costes de masificación dependen del nivel de ocupación del vehículo. En general, en ámbitos urbanos, en horas punta la demanda se aproxima a la capacidad máxima, mientras que en períodos valle suele haber capacidad excedentaria. Las economías de escala ligadas a los costes de operación del servicio son más importantes en períodos valle, mientras que el efecto Mohring es más relevante en horas punta. Ambos tipos de economías de escala justifican un precio inferior al coste medio, aunque matizado por los costes relacionados con la incomodidad del viaje.

Además, en la formación del precio óptimo intervienen argumentos de segunda preferencia por la interrelación del transporte público con el resto

de modos de transporte cuando estos no internalizan todos los costes que generan. El caso más claro es la congestión generada por los automóviles. En ausencia de un impuesto de congestión, el coste marginal del transporte público deberá minorarse por la diferencia entre el coste marginal social y el precio efectivamente pagado por los usuarios del automóvil multiplicado por la ratio de trasvase entre el uso del automóvil y el transporte público (3). Las variables clave para determinar la subvención son, por tanto, el nivel de congestión y la elasticidad cruzada del transporte privado respecto al precio del transporte público. Los niveles de congestión más elevados se observan en las horas punta y en mayor medida en las grandes aglomeraciones urbanas. Además, en un sentido amplio, el argumento de la congestión puede extenderse a la diferencia de costes ambientales externos entre el transporte público y el automóvil. En cuanto a la elasticidad cruzada, la mayor parte de valores estimados muestran que la demanda es inelástica y que depende de las características del entorno urbano, lo que reduce la efectividad de las subvenciones.

En las grandes aglomeraciones urbanas, la principal razón para subvencionar el transporte público es la congestión causada por el transporte privado. Ello implica que la implementación de medidas dirigidas a internalizar los costes del automóvil –impuesto de congestión o precio por aparcar– reduce de manera significativa la cuantía de la subvención al transporte público que se justificaría en términos de eficiencia.

Un argumento adicional para subvencionar el transporte público se deriva del impacto positivo que mejoras en la accesibilidad al lugar de trabajo tienen sobre los resultados en el mercado laboral (4). Existe evidencia, por ejemplo, de que mejores conexiones en transporte público aumentan la probabilidad de encontrar empleo, sobre todo para los colectivos más desfavorecidos sin acceso al transporte privado.

Finalmente, las subvenciones al transporte público se justifican también por motivos distributivos. La eficiencia de las subvenciones al transporte público como instrumento para redistribuir renta es un tema controvertido en economía del transporte. Mayeres y Proost (2001), en un contexto de equilibrio general, destacan las distorsiones generadas en la economía cuando la subvención al transporte público se financia con un aumento de los impuestos sobre el factor trabajo. Por otro lado, la evidencia empírica apunta que los efectos distributivos son de pequeña magnitud (Börjesson, Eliasson y Rubensson, 2020). No obstante, es cierto que, si el uso del transporte público crece más que proporcionalmente a medida que se reduce la renta, y teniendo en cuenta el elevado coste de provisión de transporte en áreas urbanas, las subvenciones por razones distributivas tienen, generalmente, un efecto progresivo. Asensio, Matas y Raymond (2003), Matas, Raymond y Ruiz (2020) y Bueno *et al.* (2016) aportan evidencia sobre un efecto progresivo de las subvenciones al transporte urbano en España. Ahora bien, cuando el objetivo de la subvención es redistributivo, resulta más eficiente diseñar un esque-

ma de subvenciones dirigido directamente a los beneficiarios que una subvención general a los operadores de transporte (Serebrisky *et al.*, 2009).

Por último, en el cálculo de la subvención óptima es preciso tener en cuenta el coste de oportunidad de los fondos públicos. Cuando este parámetro se incluye en el problema de maximización del bienestar, la determinación del precio y nivel de servicio eficientes varían (Proost y Van Dender, 2008).

Los estudios empíricos muestran una elevada disparidad sobre cuál debe ser la subvención óptima (Hörcher y Tirachini, 2021). Esta disparidad se explica no solo por las distintas características de las áreas urbanas, sino también porque los estudios focalizan la atención solo en algunos de los factores que determinan la subvención óptima, sin que haya una aproximación global.

Los anteriores argumentos apuntan que la subvención óptima depende de un amplio conjunto de elementos y es específica para cada ciudad. Entre otros, cabe citar aspectos como la forma urbana, la distribución de la población, la distribución de la demanda a lo largo del día, el nivel de congestión, la cuota de mercado de los distintos modos de transporte y la facilidad de sustitución entre ellos. Por consiguiente, aunque *a priori* fuera deseable, no es posible diseñar reglas simples para establecer la subvención y que a la vez sean válidas para cualquier área urbana. Sí que es posible, no obstante, determinar qué variables y qué criterios deberían ser considerados para fijar el nivel y la estructura de las tarifas y, por ende, la subvención.

IV. SUBVENCIÓN Y FINANCIACIÓN DEL TRANSPORTE URBANO EN ESPAÑA

En España son los ayuntamientos quienes ostentan las competencias para organizar el transporte colectivo en su ámbito municipal. De hecho, la Ley 7/1985, reguladora de las bases de régimen local, establece que los municipios con más de 50.000 habitantes tienen la obligación de prestar transporte colectivo urbano. No obstante, dado que los desplazamientos traspasan los límites municipales, es cada vez más frecuente organizar el transporte a través de consorcios o autoridades de transporte que agrupan más de un municipio. Estos organismos realizan una planificación y gestión integrada de los diversos servicios de transporte que operan en el área, y que dependen de distintas administraciones. En un extremo están las grandes áreas metropolitanas donde coexisten servicios de autobús urbano e interurbano, tranvía, metro y ferrocarril, y en el otro, ciudades de tamaño medio donde la demanda se cubre con un servicio de autobús. En general, los ayuntamientos tienen las competencias sobre los autobuses urbanos y los tranvías; las comunidades autónomas sobre el metro, los ferrocarriles autonómicos, los autobuses interurbanos y, en algunos casos, los tranvías y la Administración General del Estado sobre los ferrocarriles de cercanías. Esta distribución de competencias puede variar entre áreas urbanas y comunidades autónomas. Así, por ejemplo, desde 2009 la Generalitat de Catalunya regula y ordena el servicio de ferrocarril de Cercanías. Además, en algunas áreas urbanas existen otros entes locales que gestionan servicios de ámbito metropolitano.

En todos los ámbitos, el precio y la calidad del servicio (configuración de la red, horarios y frecuencias) están regulados por la Administración con competencias. Los consorcios o autoridades de transporte coordinan la prestación de los distintos servicios y, de forma cada vez más frecuente, la integración de las tarifas. En cualquier caso, la decisión sobre el nivel de subvención con el que opera el servicio recae sobre los entes locales en coordinación con las comunidades autónomas cuando existen servicios de su competencia.

El hecho de que el transporte urbano sea una competencia local explica la ausencia de información estadística homogénea sobre el nivel de subvención o, alternativamente, el grado de cobertura mediante los ingresos por tarifa del transporte urbano en España. Por ello, es difícil conocer cuál es la política seguida por las distintas ciudades y aún más analizar su evolución temporal. Los datos publicados anualmente por el OMM permiten una aproximación para aquellas autoridades de transporte que participan en el mismo (5). El cuadro n.º 1 recoge la evolución de la ratio de cobertura de los costes de explotación con la tarifa para un conjunto de ciudades recogidas en el OMM. El número de áreas incluidas aumenta a medida que estas se han incorporado al Observatorio. Cabe advertir que el análisis de la financiación no contempla las inversiones en infraestructuras ferroviarias que se financian por vías distintas.

Para el autobús urbano, la mayoría de las ciudades se sitúan en un rango de cobertura de los costes entre el 40 por 100 y el 60 por 100, sin que se observe

una relación clara con el tamaño de la ciudad, y siendo la ratio, en general, más elevada para los autobuses metropolitanos o interurbanos. Respecto al metro, en 2019 Madrid cubría un 49 por 100 de los costes, Barcelona un 55 por 100 y Valencia un 60 por 100. Los sistemas de tranvía y metro ligero son los que observan menores tasas de cobertura. Aunque la fragmentación de los datos dificulta un análisis temporal, la caída de los usuarios a raíz de la crisis económica de 2007 incrementó de manera significativa el déficit tarifario. La insuficiencia de recursos financieros para sufragar el déficit obligó a buena parte de las autoridades de transporte a incrementar las tarifas y, a la vez, a recortar la calidad del servicio (6). Estas medidas fueron especialmente relevantes en las grandes aglomeraciones urbanas. Así, por ejemplo, entre 2008 y 2014, en Madrid, Barcelona y Valencia el precio del título de transporte más usado aumentó, respectivamente, un 26 por 100, un 43 por 100 y un 40 por 100 (7). Aunque con posterioridad algunas de estas medidas se revirtieron, lo ocurrido durante aquella crisis ejemplariza cómo la falta de un sistema de financiación estable puede hacer peligrar el papel que el transporte público debe jugar en la movilidad urbana. Para el último período expansivo, no se observa una pauta común en la evolución de la ratio de cobertura entre los distintos municipios. Sin embargo, es posible que la creciente expansión del metro hacia zonas con menor densidad de población explique el aumento de las necesidades de subvención de este servicio a partir de 2015.

El porcentaje de costes cubiertos por los usuarios en las

ciudades españolas se asemeja al de la mayoría de áreas urbanas en Europa. Según datos del Eurobarómetro EMTA para 2019, en las principales ciudades europeas la tasa de cobertura se sitúa en el intervalo 40-60 por 100 y el porcentaje medio de subvención pública es del 48 por 100.

Como consecuencia de la drástica caída de la demanda originada por la COVID-19, unida al mantenimiento de la oferta del servicio por parte de los operadores por razones de seguridad sanitaria, los ingresos por tarifas se redujeron en promedio alrededor de un 40 por 100, generando fuertes déficits en todas las administraciones responsables. En julio de 2021, el Estado realizó una subvención extraordinaria a los servicios de titularidad de las entidades locales en proporción a los ingresos obtenidos en 2019 para compensar a los operadores por la pérdida de ingresos (8).

Los fondos utilizados para financiar el déficit del transporte público urbano provienen del Estado, de las comunidades autónomas y de los entes locales. El peso de cada una de estas fuentes varía según los modos de transporte ofrecidos y la tipología de ciudad. La aportación con cargo a los Presupuestos Generales del Estado se inició a mediados de la década de los ochenta y de manera progresiva aumentó el número de municipios que podían acogerse a esta ayuda, cuyos criterios de concesión han variado a lo largo del tiempo (véase Socorro y de Rus, 2010; Asensio y Matas, 2017). Desde el año 2014, la Administración del Estado participa en la financiación del transporte público de viajeros por una doble vía. En primer lugar, destina una subven-

CUADRO N.º 1
RATIO DE COBERTURA DE LOS COSTES DE EXPLOTACIÓN CON LOS INGRESOS POR TARIFAS
(En porcentaje)

	2006	2009	2012	2015	2019
Madrid					
Bus urbano	62	53	52	56	52
Bus metropolitano	51	38	37	43	33
Metro	33	38	51	59	49
Metro ligero	-	13	12	5	6
Barcelona					
Bus urbano	42	36	42	46	49
Bus metropolitano	60	59	66	n.d.	44
Metro	70	57	55	61	55
Tranvía	36	43	41	n.d.	24
FGC	66	54	66	73	59
Valencia					
Bus urbano	42	37	40	41	38
Bus metropolitano	83	94	94	94	90
Metro	67	48	61	77	60
Tranvía	22	15	45	48	20
Sevilla					
Bus urbano	40	43	44	48	49
Metro ligero	-	-	67	79	29
Zaragoza					
Bus urbano	71	86	nd	nd	49
Bus metropolitano	32	37	nd	42	38
Tranvía	-	-	-	nd	53
Málaga					
Bus urbano	52	48	54	51	50
Palma de Mallorca					
Bus urbano	55	44	55	56	57
Bus metropolitano	90	73	77	96	85
Servicios ferroviarios	10	7	7	10	14
Alicante					
Bus urbano	70	62	54	54	57
Bus metropolitano	82	61	57	65	65
Tranvía	28	nd	nd	17	40
Valladolid					
Bus urbano	nd	nd	nd	nd	48
A Coruña					
Bus urbano	90	77	74	77	68
Granada					
Bus urbano	72	66	64	55	56
Bus metropolitano	93	81	79	70	72
Lleida					
Bus urbano	nd	31	38	32	27
Tarragona					
Bus urbano	nd	33	40	40	41
Bus metropolitano	nd	nd	40	35	35
León					
Bus urbano	nd	nd	45	57	39
Cáceres					
Bus urbano	nd	nd	nd	51	55
Oviedo					
Bus urbano	84	58	58	54	nd

Fuentes: Elaboración propia a partir de OMM, varios años; Cuentas anuales FMB y TB; Memoria anual TUSAM; Memoria FGV; Informe anual Consorcio Transportes Madrid; Cuentas anuales EMT, Palma de Mallorca; Cuentas anuales SFM, Palma de Mallorca. Nd: no disponible.

ción nominativa al transporte urbano de Madrid, Barcelona, Islas Canarias y, desde 2017, Valencia (9). Se trata de cantidades fijas no finalistas que se transfieren a las correspondientes autoridades de transporte o a la comunidad autónoma en el caso de Canarias. En segundo lugar, el Estado otorga una subvención al resto de entidades locales por servicios de transporte colectivo urbano. Esta última se reparte en un 85 por 100 según el déficit medio por título de transporte, y el 15 por 100 restante a partes iguales en función de la longitud de la red, la relación viajeros por habitante y criterios medioambientales. Si bien es cierto que el porcentaje de déficit por billete cubierto decrece a medida que el déficit aumenta, se trata de un criterio discutible dado que no introduce incentivos para la minimización de los costes de operación. En 2021, los 51 millones se repartieron entre 94 municipios, siendo, por este orden, Zaragoza, Sevilla, Málaga y Palma de Mallorca las ciudades más beneficiadas (38 por 100 de los fondos).

Las subvenciones con cargo a los Presupuestos Generales del Estado (PGE) tienen un peso relativamente pequeño en la financiación total del déficit del transporte urbano, el rango de variación para la mayoría de las ciudades se sitúa entre un 7 por 100 y un 20 por 100. La parte mayoritaria de los costes de financiación recae en las comunidades autónomas y los entes locales. Las aportaciones de las comunidades autónomas juegan un papel relevante en aquellas aglomeraciones que cuentan con algún tipo de ferrocarril metropolitano, mientras que en el resto de las ciudades el déficit de explotación generado por el servicio de autobús lo asume

el ayuntamiento con su presupuesto ordinario. Lamentablemente, no existe información homogénea sobre cómo contribuye cada Administración a la financiación del transporte urbano. Los datos disponibles son parciales y dependen de cada municipio o autoridad del transporte.

Adicionalmente a la red de transporte gestionada por las entidades locales, en siete áreas metropolitanas circula el ferrocarril de cercanías operado por Renfe que, aunque sin estar integrado en las correspondientes autoridades de transporte, en la mayoría de los núcleos participa en la integración tarifaria (10). De acuerdo con AIREF (2020), los ingresos provenientes de la venta de billetes cubren el 48 por 100 de los costes operativos. Este porcentaje se ha mantenido relativamente constante en un rango del 48 por 100-54 por 100 desde 2010. Sin embargo, la ratio de cobertura varía de manera significativa entre núcleos, siendo más alta en aquellos con mayor número de viajeros. Es en estos núcleos donde el ferrocarril puede aprovechar las economías de escala y de densidad que le son propias. El origen de los fondos para cubrir este déficit los aporta el Estado a través del Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA).

El análisis de la subvención y financiación del transporte urbano en España pone de manifiesto que la ratio de cobertura varía entre ciudades y modos de transporte sin que esté claramente relacionada con variables que caracterizan el área urbana. Si se observan, no obstante, mayores necesidades de financiación para los servicios ferroviarios. Ello podría explicarse, al menos parcialmente,

por la extensión del metro y la construcción de tranvías en zonas con una densidad de población insuficiente para justificar las inversiones. Este resultado es tanto más probable cuando la inversión se financia con subvenciones de capital.

V. SOSTENIBILIDAD FINANCIERA Y FUENTES ALTERNATIVAS DE FINANCIACIÓN

De acuerdo con lo que se ha descrito en los anteriores apartados, resulta relevante indagar acerca de las posibles medidas orientadas a garantizar la sostenibilidad financiera de los servicios de transporte público.

Una primera línea de análisis consiste en valorar la rentabilidad social del actual nivel de subvención en términos de precio y calidad de servicio. En este sentido, sería recomendable disponer de una metodología común para todas las áreas urbanas que permitiera aproximar cuál debería ser el nivel y la estructura de tarifas eficiente de acuerdo con el coste marginal social. Dicha metodología debería tener en cuenta elementos como los costes de cada uno de los modos de transporte, las elasticidades de demanda respecto al precio y a la calidad de servicio, el grado de sustitución entre modos y las externalidades generadas. Cabría también explorar la posibilidad de diferenciar tarifas entre horas punta y horas valle, y valorar las consecuencias de una tarifa plana frente a tarifas que varíen según la distancia.

En segundo lugar, el mecanismo de subvención debe minimizar las distorsiones en el comportamiento de los agentes involucrados en las decisiones

de transporte. En relación tanto con las subvenciones de capital como las de explotación es necesario introducir mecanismos que incentiven un comportamiento eficiente de las administraciones y de los operadores. En un estudio que analiza los antiguos convenios entre el Estado y las administraciones territoriales (AA. TT.) de financiación de infraestructuras ferroviarias, Socorro y De Rus (2010) proponen sustituir las transferencias a proyectos concretos por una transferencia fija del Estado a las AA. TT. y que estas asuman el coste total del proyecto como una vía para evitar los problemas de selección adversa. Para minimizar los incentivos no deseados de las subvenciones a los costes de explotación, Small y Verhoef (2007) sugieren que la subvención se determine como un porcentaje fijo de los ingresos por tarifas o en función de los viajeros transportados. Sin embargo, Socorro y De Rus (2010) muestran cómo estas medidas no logran mejoras en la eficiencia cuando alguna de las administraciones asume el compromiso de financiar la totalidad del déficit.

Mejores perspectivas se observan cuando el servicio se ofrece bajo la fórmula de concesión y existe competencia por el mercado. La introducción de los incentivos adecuados en el diseño del contrato de concesión obliga a las empresas a un comportamiento eficiente si quieren mantenerse en el mercado (Gagnepain e Ivaldi, 2002). Asensio y Matas (2017), para el transporte urbano en autobús en España, hallan una mayor eficiencia en costes en los contratos de concesión donde la empresa adjudicataria asume la prestación a su riesgo y ventura con respecto a la gestión interesada (Administra-

ción y operador comparten los resultados de explotación) y la gestión directa (la totalidad del riesgo económico es asumido por la Administración). No obstante, el diseño de un contrato de concesión con los mecanismos adecuados es más complejo cuando intervienen diversas variables de calidad del servicio, tal como ocurre con los servicios de transporte (véase la revisión de Hensher, 2017).

En tercer lugar, la sostenibilidad financiera puede alcanzarse diversificando las fuentes de financiación. Como hemos podido observar, las subvenciones al transporte público en España se financian con los ingresos generales del sector público, sin que existan, salvo excepciones, impuestos o tasas afectadas a dicha financiación. Eso quiere decir que los fondos destinados a financiar el transporte deben competir con otros gastos públicos como servicios sociales o vivienda. Si además tenemos en cuenta las fuertes restricciones presupuestarias de los Gobiernos locales, especialmente a partir de 2010 donde la política de estabilización fiscal introducida en España limita de forma significativa su capacidad de endeudamiento, la financiación de las subvenciones al transporte público resulta cada vez más difícil.

Por ello, resulta especialmente importante buscar nuevas fuentes de financiación que permitan por un lado aumentar los recursos destinados a cubrir las subvenciones al transporte público y, por otro lado, dar las señales apropiadas, desde un punto de vista de la sostenibilidad medioambiental, respecto al uso del transporte. En este apartado realizamos un repaso de las principales fuentes de financiación

alternativas a los fondos tradicionales y que puedan cumplir con este doble objetivo. Como se puede ver en Ubbels *et al.* (2001) y Litman (2014), la cantidad de fuentes de financiación alternativas es amplia, y su implementación y eficiencia resulta heterogénea.

Impuestos sobre el empleo local: Una primera posibilidad es fijar un impuesto que tendrían que pagar las empresas en función del número de empleados. Este impuesto pretende captar los beneficios que obtendrían las empresas por el hecho de que sus trabajadores se pudieran trasladar en transporte público hasta su puesto de trabajo. Es por ello que en ocasiones las empresas están exentas de este impuesto siempre y cuando provean de transporte colectivo financiado por la empresa a sus trabajadores. Aunque hay algunos ejemplos en Estados Unidos, quizá la implementación más destacada es la del *Versement Mobilité* en Francia. En este caso todas las empresas con más de once empleados deben pagar un impuesto, cuyos ingresos van destinados íntegramente a financiar el transporte público.

Impuesto sobre los bienes inmuebles: Siguiendo la misma lógica que en el caso anterior, si los bienes inmuebles tienen un mayor valor gracias a la existencia del transporte público, los dueños de estos bienes inmuebles deberían pagar por este incremento de valor. Se trata de que el sector público recupere parte de ese incremento de valor a través de un impuesto (Tsukada y Kuranami, 1994). Este mecanismo es relativamente popular en Estados Unidos (Minneapolis, Nueva York, Denver, Detroit, Miami, Los Ángeles, San Francisco

o Vancouver), pero poco frecuente en otras zonas, aunque hay algunos ejemplos como Osaka en Japón, Mumbai en la India o en la propia ciudad de Barcelona. En este último caso se implementó un incremento del impuesto de bienes inmuebles (IBI) en los municipios que se beneficiaron de la ampliación de la zona 1 de precios, más reducidos.

Impuesto al desarrollo de la red de transporte: Cuando se va a realizar una nueva infraestructura de transporte, se puede financiar a través de un impuesto sobre los terrenos afectados, que puede depender del uso del suelo, o del incremento del valor de los terrenos. Otra posibilidad es permitir una mayor edificación alrededor de la nueva infraestructura a cambio de un pago, o incluso que el dueño de una propiedad pague el coste completo de integrarse al sistema de transporte público. De nuevo, es en Estados Unidos donde observamos una mayor implementación de este tipo de mecanismo. Destacan el Transport Impact Development Fund de San Francisco, o la estación de Bethesda en Washington D.C.

Aparcamientos de pago y multas de tráfico: Aunque estas dos fuentes de financiación no son nuevas, y se utilizan tradicionalmente para financiar las actividades de los Gobiernos locales, lo que sí es novedoso es comprometer sus ingresos a la financiación del transporte público. Un buen ejemplo son los aeropuertos de la ciudad de Londres, donde cada aparcamiento contribuye en 25 céntimos de libra al transporte público. En Ámsterdam, los ingresos por aparcamiento en el centro de la ciudad se utilizaron para la cons-

trucción de una nueva línea de tranvía. Como muestran Gragera y Albalade (2016), la introducción de un pago por estacionar en la vía pública puede ser un instrumento eficiente, no solo para generar recursos públicos, sino para cambiar el modo de transporte utilizado, pasando del vehículo privado al transporte público. Por lo que se refiere a las multas de tráfico, sus ingresos son utilizados para financiar el transporte público en Francia desde 1971, y en Atenas se utilizan las multas por invadir el carril bus para precisamente financiar el transporte público urbano.

Ingresos por peajes: De nuevo, igual que en el caso anterior, no se trata de una nueva forma de financiación del sector público. La utilización de peajes para financiar la construcción o el mantenimiento de infraestructuras de transporte viene de lejos. Lo que sí resulta más novedoso es fijar el destino de estos ingresos a la financiación del transporte público. En los últimos años son diversas las ciudades que han introducido peajes de acceso cuyos ingresos son destinados a financiar y mejorar el transporte público. Entre estas, destacan las ciudades de Londres (2003), Estocolmo (2007) y Milán (2009) y existe el proyecto de implementarlo en Nueva York en un futuro próximo.

Impuestos sobre los vehículos de combustión interna, o sobre el consumo de combustibles: Si el objetivo no es solo incrementar los recursos públicos que permitan financiar las subvenciones al transporte público, sino desincentivar el uso del vehículo privado, aumentar los impuestos de este tipo de vehículos, o sobre el consumo de combustibles, resulta adecuado, aunque los resulta-

dos dependerán de la elasticidad de la demanda. Si la demanda es muy inelástica (especialmente en el corto plazo) no generará una reducción significativa del uso del transporte privado, pero sí una gran recaudación. Si en el medio y largo plazo la elasticidad de la demanda aumenta, se producirá una reducción en la capacidad de recaudación, pero debido a un traslado significativo de usuarios desde el vehículo privado al transporte público. Este efecto sería similar al de imponer un impuesto por kilómetro circulado. En Estados Unidos es habitual que al menos parte del impuesto sobre los combustibles esté destinado a la financiación del transporte público.

Impuesto al consumo: el conjunto de bienes y servicios, o especialmente aquellos con demandas más inelásticas (alcohol, tabaco, juego,...), pueden ser gravados y destinar los recursos obtenidos para financiar el transporte público. Estos impuestos suelen generar un flujo relativamente constante de recursos (excepto en momentos de reducción muy significativa del crecimiento económico), y responden de forma relativamente rápida a los cambios en los niveles de renta y consumo. A pesar de que goza de cierta popularidad en Estados Unidos, se debe señalar que resulta regresivo (afecta especialmente a los niveles de renta más reducidos).

Otros impuestos no convencionales: Son muchas las iniciativas introducidas localmente para generar recursos, fuera de los anteriores instrumentos presentados, que son mucho más tradicionales. Entre otros podemos observar recargos sobre las matrículas universitarias (a cambio de un precio más económi-

co en el transporte público para los estudiantes) en Berkeley, California; un recargo en los billetes de avión cuyos recursos van destinados a mejorar la conectividad de los aeropuertos a través del transporte público; o la utilización de beneficios de otras empresas públicas (electricidad, gas, recogida de basuras, alcantarillado, telefonía, agua,...), u otros departamentos del Gobierno local para financiar el déficit generado por el transporte público.

Cada uno de estos instrumentos alternativos de financiación presentará diferentes niveles de recaudación, aceptabilidad, coste de implementación o impacto sobre la movilidad. Si el objetivo no es únicamente la generación de recursos para financiar la subvención al transporte público, sino que se busca potenciar el uso del transporte público frente al vehículo privado, instrumentos como los peajes de acceso a las ciudades, gravar el consumo de los combustibles o el aparcamiento en las ciudades, pueden cumplir con este doble objetivo. En este caso no solo conseguiríamos recursos, sino que modificaríamos los incentivos de los usuarios a utilizar diferentes modos de transporte, modificando así la movilidad urbana. Además, son medidas que no suponen un gran coste de implementación. De hecho, algunas de ellas ya se están utilizando, aunque no con la finalización de financiar el transporte público.

Respecto a la aceptabilidad de este tipo de medidas, es cierto que la ciudadanía tradicionalmente rechaza este tipo de instrumentos que suponen un incremento de los impuestos. Sin embargo, existe evidencia empírica (Fageda y Flores-Fillol,

2018) que muestra como una vez implementados, cuando los usuarios observan los efectos positivos sobre la movilidad (reducción de la congestión) y sobre la calidad del aire, la aceptación de los peajes de acceso a las grandes ciudades resulta mayoritaria. Como señalan estos autores, la aceptación del peaje de acceso a Estocolmo creció de un 30 por 100 a un 70 por 100 tan solo un año después de su implementación. Hay que tener en cuenta que incluso los individuos que pagan estos impuestos y que no son usuarios del transporte público pueden considerar que obtienen un beneficio a medio y largo plazo debido a la mejora de la calidad del aire, si bien es cierto que en el corto plazo suelen mostrar un mayor rechazo y requerirán de un respaldo político fuerte.

La transparencia parece ser un elemento clave en la aceptabilidad de este tipo de mecanismo, ya que conocer el destino de estos recursos supone un elemento significativo de cara a aceptar su inclusión. Un aspecto que aumenta de forma significativa el grado de transparencia es que el esquema impositivo sea simple. Cuanto mayor es su complejidad, mayores son los costes de implementación y menor es la transparencia. Además, cabe destacar que este tipo de mecanismos de financiación alternativos deben implementarse de forma gradual, de manera que se puedan adaptar a las singularidades de cada territorio. Esta gradualidad en la implementación dotaría de cierta flexibilidad al sistema ante posibles cambios en los patrones de movilidad.

Por último, pero no menos importante, la elección entre fuentes de financiación alternati-

vas debe valorar el impacto que nuevos impuestos o la asignación finalista de algunos de ellos tendrán sobre la eficiencia del conjunto de la economía. Así, por ejemplo, los beneficios de financiar el transporte público con ingresos de peajes deberían compararse con las mejoras en la asignación de los recursos que podrían generarse si estos ingresos permitieran reducir algún impuesto sobre el trabajo.

VI. CONCLUSIONES

El avance hacia la descarbonización en las ciudades debe pasar por un trasvase de viajeros del transporte privado al público. La distribución de los viajes entre modos de transporte en las ciudades españolas muestra que existe margen para ello. Para conseguirlo son necesarias tanto políticas que favorezcan al transporte público como aquellas que penalizan al transporte privado. Entre las primeras, la subvención al transporte público para ofrecer un servicio suficientemente atractivo en términos de precio y calidad está fundamentada tanto en términos de eficiencia como distributivos.

Las ratios de cobertura de costes por ingresos tarifarios se sitúan en un rango entre el 40 por 100 y el 60 por 100, cifra similar a la de otras ciudades europeas. La mayor parte de esta subvención se asume con fondos de los presupuestos ordinarios de las distintas administraciones. Una parte minoritaria proviene del Estado, mientras las comunidades autónomas costean los servicios ferroviarios y los entes locales asumen de manera mayoritaria el déficit del transporte de superficie. La continuidad de la subvención se enfrenta a restricciones presupuestarias que,

sobre todo en períodos de crisis, obligan bien a subir precios, bien a reducir la calidad.

En este artículo se defiende que es preciso buscar medidas para garantizar la estabilidad financiera del transporte. Para ello, en primer lugar, sería recomendable disponer de una metodología común para todas las áreas urbanas que permitiera aproximar cuál debería ser el nivel y estructura de tarifas eficiente en cada ciudad. En segundo lugar, es preciso buscar mecanismos que incentiven un comportamiento eficiente tanto de las administraciones públicas como de los operadores. Por último, se propone diversificar el origen de los recursos necesarios para financiar el transporte urbano. A partir de la evidencia disponible, se presentan hasta siete fuentes de financiación alternativas. Cada una de ellas tiene ventajas y desventajas que deberán valorarse para cada ámbito urbano y tomando en consideración su impacto sobre el conjunto de la economía.

NOTAS

(1) El Observatorio de la Movilidad Metropolitana está constituido por las Autoridades de Transporte Público (ATP) de las principales áreas metropolitanas españolas, financiado por el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA) y el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, con el apoyo de otras administraciones y organizaciones. Nació en 2003 y actualmente cuenta con 25 ATP. Los informes están elaborados por TRANSyT, centro de investigación de la UPM (MONZÓN *et al.*, 2021).

(2) Véase SMALL y VERHOEF (2007) para una derivación del precio óptimo en el transporte público urbano, y HÖRCHER y TIRACHINI (2021) para una muy completa contextualización de los precios del transporte público junto con una amplia revisión de la literatura.

(3) Este factor de ponderación se deriva del hecho de que transporte privado y público no son sustitutos perfectos. Véase SMALL y VERHOEF (2007) capítulo 4.

(4) Esta relación se fundamenta en la hipótesis de *mismatch* espacial (GOBILLON, SELOD y

ZENOU, 2007). MATAS, RAYMOND y ROIG (2010) aportan evidencia para las ciudades de Barcelona y Madrid.

(5) En relación con la financiación del transporte urbano puede consultarse RIVERO-MENÉNDEZ y DELGADO-JALÓN (2016) y DELGADO-JALÓN, SÁNCHEZ DE LARA y GELASHVILI (2019).

(6) Véase BURGUILLO, ROMERO-JORDÁN y SANZ-SANZ (2017) para una evaluación del impacto sobre el bienestar del aumento de precio en Madrid, y ASENSIO y MATAS (2017) para una simulación de políticas alternativas para reducir el déficit para una muestra de empresas de transporte urbano en España.

(7) Para Madrid el incremento hace referencia al abono mensual, mientras que para Barcelona y Valencia corresponde al billete múltiple. El aumento del precio del billete múltiple en Madrid fue de 82 por 100.

(8) Con cargo a los PGE de 2021 se transfirieron 405.326.444 euros a las entidades locales.

(9) En el año 2021 las cantidades transferidas (en millones de euros) fueron 126,9 para Madrid, 109,3 para Barcelona; 47,5 para Canarias y 38 para Valencia.

(10) En las cercanías operadas por Renfe coexisten los títulos propios de Renfe y los títulos de transporte emitidos por la autoridad del ámbito metropolitano.

BIBLIOGRAFÍA

AIReF (2020). Infraestructuras de Transporte. *Evaluación del Gasto Público, 2019*. Madrid.

ASENSIO, J. y MATAS, A. (2017). La financiación del transporte urbano en España: alternativas para reducir el déficit. *Papeles de Economía Española*, 153, pp. 81-95.

ASENSIO, J., MATAS, A. y RAYMOND, J. L. (2003). Redistributive effects of subsidies to urban public transport in Spain. *Transport Reviews*, 23(4), pp. 433-452.

BASSO, L. J. y SILVA, H. E. (2014). Efficiency and substitutability of transit subsidies and other urban transport policies. *American Economic Journal: Economic Policy*, 6, pp.1-33.

BÖRJESSON, M., ELIASSON, J. y RUBENSSON, I. (2020). Distributional effects of public transport subsidies. *Journal of Transport Geography*, 84, 102674.

BUENO, P. C., VASSALLO, J. M., HERRÁIZ, I. y LORO, M. (2016). Social and Distributional Effects of Public Transport Fares and Subsidy Policies: Case of Madrid, Spain. *Transportation Research Record*, 2544(1), pp. 47-54.

BURGUILLO, M., ROMERO-JORDÁN, D. y SANZ-SANZ, J. F. (2017). The new public transport pricing in Madrid Metropolitan Area: A welfare analysis. *Research in Transportation Economics*, 62, pp. 25-36.

DELGADO JALÓN, M. L., SÁNCHEZ DE LARA, M. A. y GELASHVILI, V. (2019). Explanatory factors for public transportation financing needs in Spain. *Journal of Advanced Transportation*, vol. 2019, Article ID 1837628, 12 pages, <https://doi.org/10.1155/2019/1837628>

DIAS, D., TCHEPEL, O. y ANTUNES, A. P. (2016). Integrated modelling approach for the evaluation of low emission zones. *Journal of Environmental Management*, 177, pp. 253-263.

EMTA (2021). *Barometer 2021*. European Metropolitan Transport Authorities.

FAGEDA, X. y FLORES-FILLOL, R. (2018). Atascos y contaminación en grandes ciudades: Análisis y soluciones. *FEDEA Policy Papers*, 2018/04.

GAGNEPAIN, P. e IVALDI, M. (2002). Incentive regulatory policies: the case of public transit systems in France. *RAND Journal of Economics*, pp. 605-629.

GOBILLON, L., SELOD, H. y ZENOU, Y. (2007). The mechanisms of spatial mismatch. *Urban studies*, 44(12), pp. 2401-2427.

GRAGRERA, A. y ALBALATE, D. (2016). The impact of curbside parking regulation on garage demand. *Transport Policy*, 47, pp. 160-168.

HENSHER, D. A. (2017). Public service contracts: The economics of reform with special reference to the bus sector. En J. COWIE y S. ISON (eds.), *The Routledge Handbook of Transport Economics*, pp. 91-107. Routledge.

<p>HÖRCHER, D. y GRAHAM, D. J. (2018). Demand imbalances and multi-period public transport supply. <i>Transportation Research Part B: Methodological</i>, 108, pp. 106-126.</p> <p>HÖRCHER, D. y TIRACHINI, A. (2021). A review of public transport economics. <i>Economics of Transportation</i>, 25, 100196.</p> <p>LITMAN, T. (2014). Evaluating public transportation local funding options. <i>Journal of Public Transportation</i>, 17(1), pp. 43-74.</p> <p>LÓPEZ-CARREIRO, I., MONZÓN, A. y LÓPEZ-LAMBAS, M. E. (2021). Comparison of the willingness to adopt MaaS in Madrid (Spain) and Randstad (The Netherlands) metropolitan areas. <i>Transportation Research Part A: Policy and Practice</i>, 152, pp. 275-294.</p> <p>MALINA, C. y SCHEFFLER, F. (2015) The impact of Low Emission Zones on particulate matter concentration and public health. <i>Transportation Research Part A</i>, pp. 372-385.</p> <p>MATAS, A., RAYMOND, J. L. y ROIG, J. L. (2010). Job accessibility and female employment probability: The cases of Barcelona and Madrid. <i>Urban Studies</i>, 47(4), pp. 769-787.</p> <p>MATAS, A., RAYMOND, J. L. y RUIZ, A. (2020). Economic and distributional effects of different fare schemes: Evidence from the Metropolitan Region of</p>	<p>Barcelona. <i>Transportation Research Part A: Policy and Practice</i>, 138, pp. 1-14.</p> <p>MAYERES, I. y PROOST, S. (2001). Marginal tax reform, externalities and income distribution. <i>Journal of Public Economics</i>, 79(2), pp. 343-363.</p> <p>MONZÓN, A., LÓPEZ, C., CUVILLO, R., ASTUDILLO, A., MANGET, C. y CASQUERO, D. (2021). <i>Observatorio de la Movilidad Metropolitana, 2019</i>. Ministerio para la Transición Ecológica.</p> <p>PROOST, S. y VAN DENDER, K. (2008). Optimal urban transport pricing in the presence of congestion, economies of density and costly public funds. <i>Transportation Research Part A: Policy and Practice</i>, 42(9), pp. 1220-1230.</p> <p>RIVERO MENÉNDEZ, J. A. y DELGADO JALÓN, M. L. (2016). Análisis de la financiación del transporte público en España. <i>Documento de Trabajo</i>. Universidad Rey Juan Carlos.</p> <p>ROJAS-RUEDA, D., DE NAZELLE, A., TEIXIDÓ, O. y NIEUWENHUIJSEN, M. (2012). Replacing car trips by increasing bike and public transport in the greater Barcelona metropolitan area: A health impact assessment study. <i>Environment International</i>, 49, pp. 100-109.</p> <p>SANTOS, F. M., GÓMEZ-LOSADA, A. y PIRES, J. C. M. (2019). Impact of the implementation of Lisbon low</p>	<p>emission zone on air quality. <i>Journal of Hazardous Materials</i>, 365, pp. 632-641.</p> <p>SEREBRISKY, T., GÓMEZ-LOBO, A., ESTUPIÑÁN, N. y MUÑOZ-RASKIN, R. (2009). Affordability and subsidies in public urban transport: What do we mean, what can be done? <i>Transport Reviews</i>, 29(6), pp. 715-739.</p> <p>SMALL, K. A. y VERHOEF, E. T. (2007). <i>The economics of urban transportation</i>. Routledge.</p> <p>SOCORRO, M. P. y DE RUS, G. (2010). The effectiveness of the Spanish urban transport contracts in terms of incentives. <i>Applied Economics Letters</i>, 17(9), pp. 913-916.</p> <p>TSUKADA, S. y KURANAMI, C. (1994). Value capture: The Japanese experience. En S. FARRELL (ed.), <i>Financing Transport Infrastructure</i>. London: PTRC.</p> <p>UBBELS, B., NIJKAMP, P., VERHOEF, E., POTTER, S. y ENOCH, M. (2001) Alternative ways of funding public transport: A case study assessment. <i>European Journal of Transport and Infrastructure Research</i>, 1(1), pp. 73-89.</p> <p>WOLF, H. (2014). Keep your clunker in the suburb: Low-emission zones and adoption of green vehicles. <i>The Economic Journal</i>, 124, pp. 481-512.</p>
--	---	---

Resumen

La rápida digitalización de la movilidad y el uso generalizado de dispositivos móviles personales ha dado lugar a una nueva generación de fuentes de *big data* para la caracterización de la movilidad. Este artículo hace un repaso por las oportunidades, retos y estrategias de análisis relacionadas con estas fuentes. Se presentan dos casos de uso que ilustran la aplicación de estos datos al estudio de la movilidad en España, y se apuntan las líneas de investigación que permitirán seguir avanzando en la realización de análisis de demanda de transporte basados en estas fuentes.

Palabras clave: movilidad, *big data*, datos de telefonía móvil, demanda de transporte.

Abstract

The increasing digitalisation of the mobility sector and the pervasive use of personal mobile devices has led to a new generation of big data sources for the characterisation of mobility patterns. This article reviews the opportunities, challenges and analysis strategies associated with these new sources. Two use cases are presented to illustrate the application of these data sources to the study of mobility patterns in Spain. The article also highlights the ongoing research efforts that will continue expanding our capabilities to characterise travel demand patterns with big data.

Keywords: mobility, big data, mobile network data, travel demand.

JEL classification: R41.

ESTUDIO DE LA MOVILIDAD CON LA TECNOLOGÍA *BIG DATA*: POSIBILIDADES POR EXPLORAR

Javier BURRIEZA-GALÁN

Nommon Solutions and Technologies

I. INTRODUCCIÓN

La movilidad juega un papel crucial en el desarrollo de nuestras sociedades. La capacidad para trasladarnos entre las actividades que realizamos diariamente es vital para garantizar nuestra calidad de vida y fomentar la interacción social. Al mismo tiempo, la movilidad requiere de una gran cantidad de recursos para su funcionamiento, por lo que su gestión ineficiente puede dar lugar a multitud de impactos adversos. De esta manera, la movilidad no es solo una práctica habilitadora del desarrollo socioeconómico, sino que también es parte fundamental de muchos de los retos de sostenibilidad a los que nos enfrentamos hoy en día.

La gestión eficiente de los sistemas de movilidad requiere de un conocimiento profundo de los patrones de demanda de transporte. Identificar y caracterizar los flujos de movilidad es imprescindible para mejorar la asignación de recursos y diseñar medidas que permitan alinear las necesidades de desplazamiento con los objetivos de sostenibilidad ambiental, social y económica. Desde mediados del siglo XX, la ingeniería de transportes ha dedicado ingentes esfuerzos a desarrollar métodos de medida de la movilidad que permitan obtener dicha información. Un primer conjunto de instrumentos está formado por aquellos dedicados

al conteo de viajeros o vehículos, que permiten cuantificar los flujos en ciertos puntos del sistema de transporte, pero no aportan información acerca de las características de cada viaje (origen y destino, modos elegidos durante el viaje, rutas seguidas en la red, perfil del viajero, etc.). Por ello, los instrumentos de conteo han sido tradicionalmente complementados con un segundo tipo de técnicas: las encuestas de movilidad. Estas encuestas consisten en suministrar un cuestionario a los viajeros para que estos puedan responder a cuestiones acerca de los desplazamientos que han realizado, su valoración de cómo el sistema de transportes satisface sus necesidades de movilidad, o hasta qué punto usarían nuevos servicios e infraestructuras si estos se creasen. La combinación de conteos y encuestas ha permitido avanzar en la capacidad de diagnóstico de la movilidad, pero cuenta con limitaciones importantes. Por un lado, el coste elevado de las encuestas restringe el alcance espacial del ámbito de estudio, el tamaño de muestra alcanzado y las posibilidades de monitorización de la demanda de transporte a lo largo del tiempo. La complejidad creciente de los sistemas de movilidad, con nuevos modos de transporte y más variabilidad en los comportamientos de la población, hace que estas limitaciones sean aún más acuciantes. Por otro lado, las encuestas presentan sesgos difíciles de subsanar en muchos casos,

procedentes tanto de la construcción de la muestra como de la disposición de los entrevistados.

Ante este panorama, la digitalización supone una oportunidad para mejorar la recogida de datos de demanda de transporte. En los últimos años, la proliferación de dispositivos móviles asociados a personas y vehículos, los avances en sensorización conectada y las tecnologías de geolocalización han dado lugar a una serie de fuentes de datos masivos o *big data* que pueden aportar información valiosa acerca de los patrones de actividad y movilidad de la población. El *big data* se caracteriza por su gran volumen y su elevada frecuencia de muestreo, lo que suele implicar una mayor variabilidad intrínseca, al contener un mayor número de situaciones diferentes (Laney, 2001). En su aplicación al estudio de la demanda de transporte, hay que tener en cuenta un elemento común adicional a la mayoría de fuentes *big data*: no han sido creadas con el propósito de analizar la movilidad, sino que son un producto secundario de ciertos servicios (comunicación entre teléfonos, aplicaciones móviles, cobro mediante tarjeta bancaria, etc.). Esto añade complejidad a los métodos de análisis para extraer información de demanda de transporte, ya que hay que abordar cuestiones como la privacidad de los datos personales o la limpieza de datos no relevantes para el estudio. Sin embargo, esta característica es una ventaja fundamental en términos de eficiencia: el dato ya está ahí, esperando su análisis. Esto ha acelerado la aparición y adopción de multitud de soluciones de explotación de fuentes de datos masivas para la caracterización de la movilidad.

Este artículo hace un repaso por el estado actual de estas tecnologías *big data* para el estudio de la movilidad, presentando una serie de casos de aplicación en España y apuntando las líneas de investigación en marcha relacionadas con la explotación de estas nuevas fuentes de datos.

II. EL USO DEL *BIG DATA* EN LA PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DE LA MOVILIDAD

1. Las nuevas fuentes de datos

La diversidad de tecnologías de información y comunicación que han surgido en los últimos años hace que las fuentes de datos asociadas sean de naturaleza muy variada. No obstante, cabe distinguir entre dos grandes grupos: las procedentes de dispositivos móviles y las procedentes de sensores.

Los dispositivos móviles generan registros de su ubicación a lo largo del tiempo. Esto permite reconstruir los patrones de movimiento de las personas, mercancías o vehículos a los que está asociado cada dispositivo. Entre las fuentes procedentes de dispositivos móviles aptas para estudiar la movilidad de personas, destacan: i) los datos de telefonía móvil, generados por la interacción de los teléfonos móviles con la red de antenas del operador de telefonía móvil; ii) los datos de posicionamiento GPS (*global positioning system*) generados por ciertas aplicaciones de los teléfonos móviles inteligentes y otros dispositivos; iii) los datos de sistemas inteligentes de pago de transporte público, generados por la interacción de las tarjetas inteligentes de los

usuarios con las terminales de pago instalados en estaciones y/o vehículos; y iv) los datos de tarjetas bancarias, generados por la interacción de dichas tarjetas con las terminales de pago instalados en puntos de venta de bienes y servicios. Muchas de estas fuentes incluyen datos que van más allá de un mero registro espacio-temporal, lo que permite contextualizar las trayectorias de las personas. Un ejemplo son los datos procedentes del uso de aplicaciones de redes sociales, en las cuales se conoce el contenido del mensaje emitido por el usuario en un instante y lugar determinado, lo que permite analizar qué actividad está realizando o cuál es su valoración acerca de lo que ve (Ayfantopoulou *et al.*, 2020). Además de estas fuentes asociadas a personas, existen otras asociadas a vehículos: por ejemplo, los datos de navegadores GPS de conducción, que permiten registrar la trayectoria y velocidad de los vehículos en sus rutas.

Los sensores generan registros de los objetos que pasan por el radio de acción de cada sensor. Por un lado, existen sensores puntuales, que registran lo que ocurre en una única ubicación sin posibilidad de trazar trayectorias. Algunos de estos ya se vienen empleando desde hace décadas para cuantificar los flujos de vehículos, como es el caso de los aforos de tráfico basados en tubos neumáticos o espiras magnéticas. Por otro lado, existen redes de sensores de intervalo, que permiten trazar el recorrido de personas o vehículos al registrar su presencia en una secuencia de sensores desplegados en el territorio. Las tecnologías detrás de estos sensores son el reconocimiento automático de imágenes (como es el caso

de los sensores de matrícula de vehículos), el wifi y el *bluetooth* (aplicable tanto a receptores embarcados en vehículos como a los asociados a dispositivos móviles personales).

2. Oportunidades y retos del *big data* para la movilidad

El uso de nuevas fuentes de datos para caracterizar la movilidad conlleva una serie de oportunidades y retos. Hay tres características básicas que determinan estas oportunidades y retos: son recogidas para otros propósitos, sin necesidad de interacción directa con las personas o vehículos en movimiento, y se registran de manera continua.

Muchas de estas fuentes no se recogen con el propósito de caracterizar la movilidad, sino que aparecen como subproductos de algunos servicios a la ciudadanía, tales como la telefonía móvil, el uso del transporte público o el apoyo a la navegación de conductores. Esto abarata su recogida en comparación a las encuestas de movilidad, ya que el coste está internalizado en la operación del servicio que da lugar a la propia fuente. Esta reducción de costes facilita una actualización más frecuente de la información de demanda de transporte en comparación a las encuestas (Toole *et al.*, 2015), lo que es especialmente relevante en un contexto de cambios constantes en la movilidad. Además, la concurrencia de datos que permiten inferir desplazamientos y otros datos puramente asociados al propósito original de la fuente facilita el desarrollo de modelos explicativos basados en variables latentes, complejas de cuantificar de manera directa (Milne y

Watling, 2019). Un ejemplo es la relación entre movilidad y consumo en el caso de los datos de tarjeta bancaria (Lenormand *et al.*, 2015). Aun con estas oportunidades, la explotación de datos para un fin distinto del que originó su recogida no está exenta de retos. En primer lugar, el acceso a la fuente de datos no es inmediato, ya que el gestor del servicio que origina la fuente debe poner los datos a disposición del interesado sin contravenir sus propios intereses. Si se trata de gestores de servicios privados (operadores de telefonía móvil, aplicaciones móviles, bancos...) este obstáculo se resuelve, bien mediante la creación de equipos de analítica de datos dentro de la empresa que provee el servicio (generando una nueva línea de negocio que vende la información extraíble del dato, secundaria a la del servicio que origina la fuente), bien mediante acuerdos de monetización de los datos para su cesión a terceros especializados en el manejo de grandes volúmenes de datos para caracterizar la movilidad. Si se trata de gestores de servicios públicos externalizados (por ejemplo, operadores de transporte), las administraciones competentes tienen que asegurar que los datos generados por el servicio puedan estar a disposición de los planificadores y gestores de la movilidad si resulta conveniente. En segundo lugar, la mayoría de estas fuentes de datos necesitan la identificación de la persona o vehículo al que corresponde cada registro para cumplir con su función original, por lo que contienen información sensible de carácter personal. Por tanto, es vital garantizar la privacidad mediante técnicas para anonimizar que cumplan todas las garantías legales, sin afectar de manera innecesaria a las posibilidades de análisis que ofrecen

las fuentes. Finalmente, una vez que los datos estén disponibles y cumplan con las garantías de privacidad necesarias, el analista se encontrará con elementos sobrantes (que no interesan para el estudio de la movilidad) y con elementos faltantes (que le gustaría conocer del contexto de cada registro y no se contemplan en la fuente). Por ello, el procesamiento de los datos tiene que tener en cuenta su propósito original. Esto es clave para diseñar metodologías de limpieza y filtrado que aligeren el procesamiento sin mermar la calidad de los datos de partida, así como estrategias para mitigar los posibles sesgos muestrales. Cerrar la brecha entre los datos presentes en la fuente y los datos necesarios para completar el análisis requiere el desarrollo de metodologías de fusión de datos.

Otra característica básica de estas fuentes y que determina algunas de sus ventajas y limitaciones es la recogida pasiva, ya que los datos se registran sin intervenir en las trayectorias de personas o vehículos. Por un lado, esto, junto al abaratamiento que se deriva de la recogida por otros propósitos, permite un salto de orden de magnitud en los tamaños de muestra alcanzados por las encuestas de movilidad (Zhang *et al.*, 2019). A mayor tamaño de muestra, menor incertidumbre asociada a los resultados del análisis, especialmente para flujos de movilidad reducidos o para el estudio de distintas segmentaciones de la demanda. Esto es importante en un contexto de dispersión urbana creciente, donde la heterogeneidad en los patrones de movilidad es cada vez mayor. Además, esto permite conocer mejor los hábitos de desplazamiento de grupos de población muy concretos que

pueden ser de interés para la planificación de la movilidad (por ejemplo, personas de la tercera edad). Por otro lado, la recogida pasiva permite reducir algunos de los sesgos en los que incurrir las encuestas de movilidad: el falseamiento en las respuestas, la omisión de algunas preguntas del cuestionario o la imposibilidad de recoger una muestra no sesgada en ciertas ocasiones (por ejemplo, en las encuestas a conductores en vías de alta capacidad, que han de realizarse en gasolineras para no interrumpir el tráfico, sesgando la muestra hacia cierto tipo de desplazamientos). Junto a estas ventajas, la recogida pasiva conlleva una limitación importante del alcance de estas nuevas fuentes, ya que se trata de instrumentos que solo pueden recoger preferencias reveladas de los individuos: cuáles han sido sus desplazamientos bajo las condiciones existentes en el momento de realizarse. Por el contrario, las encuestas de movilidad pueden combinar esta perspectiva con un análisis de las preferencias declaradas de los individuos: cómo modificarían sus comportamientos bajo otras condiciones (como, por ejemplo, la creación de nuevas infraestructuras o servicios de transporte). De nuevo, la brecha entre el alcance de las fuentes recogidas de manera pasiva y el alcance necesario para el estudio de la movilidad en ciertas situaciones ha de ser cubierta por metodologías de fusión de datos.

Además de tener habitualmente otros propósitos y de no intervenir en los desplazamientos de la población estudiada, la recogida de las fuentes de datos *big data* es continua. Las oportunidades que esto ofrece son inmensas, a expensas de requerir el manejo de grandes volúmenes

de datos. En primer lugar, ofrecen la posibilidad de realizar una actualización constante de la información de demanda de transporte, lo que puede ser determinante en la gestión a corto plazo de la oferta disponible. Por ejemplo, permiten detectar desviaciones en los patrones habituales de tráfico que puedan incrementar la probabilidad de accidentes. En segundo lugar, su recogida continua alimenta bases de datos históricas, muy valiosas por dos motivos: i) hacen posible seleccionar períodos de tiempo del pasado que sean de interés por alguna circunstancia particular (por ejemplo, evaluar la influencia de eventos inesperados en la movilidad); y ii) hacen posible el desarrollo de modelos explicativos y predictivos de la movilidad mediante el uso de técnicas de inteligencia artificial.

3. Fusión de datos para un diagnóstico completo

Tal como ocurre con los métodos tradicionales de recogida de datos, ninguna de las nuevas fuentes *big data* para el estudio de la movilidad resuelven por sí solas los retos expuestos en la sección anterior. En un contexto de creciente disponibilidad de fuentes de datos, las metodologías de fusión de datos cobran aún más relevancia. No se trata únicamente de combinar las nuevas fuentes entre sí, sino de elaborar estrategias para un uso conjunto de las fuentes tradicionales y las fuentes *big data* (Chen *et al.*, 2016). Algunos ejemplos de fusión de datos son los siguientes:

- La información de demanda que se puede obtener a partir de las fuentes *big data* puede servir para optimizar el diseño de las campañas de trabajos de

campo asociadas a las fuentes tradicionales (encuestas, aforos, etc.). Por ejemplo, se pueden obtener conclusiones acerca de las fechas más representativas de los flujos de movilidad mediante la exploración de información longitudinal de demanda procedente de datos de telefonía móvil o de datos de sistemas inteligentes de pago de transporte público. Además de dar soporte en la decisión de cuándo ejecutar estos trabajos de campo, también pueden ayudar a repartir los esfuerzos en el territorio. Los datos de telefonía móvil, que tienen una muestra muy amplia, pueden ayudar a identificar aquellos lugares con una mayor variabilidad en sus patrones de movilidad, lo que puede servir para priorizar ciertas zonas a la hora de determinar el tamaño de muestra de la encuesta necesario en cada zona.

- Algunas de las fuentes *big data* más empleadas, como los datos de telefonía móvil, miden el flujo de personas. Sin embargo, en algunos estudios de movilidad el objeto de análisis es el flujo de vehículos. Más allá de aproximaciones sencillas basadas en suponer valores medios de ocupación de los vehículos para hacer una conversión entre viajes-persona y viajes-vehículo, es posible usar los datos de aforos de tráfico para minimizar el error de esta conversión, mediante la comparación de los flujos de personas medidos mediante las fuentes *big data* en ciertos puntos de la red de carreteras con los conteos de vehículos que ofrecen los aforos de tráfico.

- La precisión y alcance espacial de las nuevas fuentes de datos no es homogénea. Por ejemplo, los datos de telefonía móvil permiten determinar la

ubicación del dispositivo con una precisión de centenares de metros (dependiendo del área de cobertura de las antenas), mientras que los datos procedentes de aplicaciones móviles tienen generalmente una mayor precisión, al referirse a la ubicación GPS. Sin embargo, los datos de telefonía móvil presentan muchas ventajas frente a los de ubicación GPS, ya que suelen tener tamaños de muestra muy superiores y una mayor regularidad en los registros que genera cada usuario. En este contexto, la asignación de unas coordenadas concretas a los registros de telefonía móvil puede realizarse con menor error si se conoce la distribución espacial de la presencia de personas dentro del área de cobertura de la antena mediante datos GPS.

– Una de las limitaciones más habituales de las nuevas fuentes de datos de movilidad es que carecen de suficiente información sociodemográfica de los agentes presentes en sus muestras. Esto se puede solventar recurriendo a técnicas de inteligencia artificial que exploten los datos de encuestas de movilidad (en los cuales sí hay presente un gran número de características de los agentes de la muestra, junto a sus patrones de movilidad revelados). Estas técnicas identifican de manera automática las relaciones existentes entre las variables sociodemográficas que no están presentes en la fuente *big data* con otras variables sociodemográficas y de movilidad que están presentes tanto en la encuesta como en la fuente *big data*. Una vez desarrollados, estos modelos de clasificación pueden emplearse para imputar las características faltantes a la base de la fuente *big data*.

III. CASOS DE USO EN ESPAÑA

España es uno de los países del mundo con mayor experiencia en el uso de nuevas fuentes de datos para la planificación y gestión del transporte. En particular, España ha sido pionera en la aplicación de datos de telefonía móvil para la obtención de matrices origen-destino a gran escala. Entre los numerosos proyectos realizados por agentes públicos y privados en los últimos años, destacan dos estudios promovidos por el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA) que ilustran las oportunidades que representan estas nuevas fuentes de datos para mejorar el conocimiento sobre la demanda de transporte.

1. Planificación del transporte: el análisis de la movilidad interprovincial de 2018

En el marco de sus competencias de planificación de transporte a nivel estatal, el MITMA realiza estudios de demanda de movilidad que abarcan todo el territorio español. En el pasado, estos estudios se basaban en las llamadas encuestas *Movilia* (con ediciones en los años 2000-2001 y 2006-2007). Dadas las dificultades para realizar encuestas de movilidad con este amplio alcance, el MITMA promovió en 2018 un análisis de la movilidad interprovincial de viajeros en España basado en datos de telefonía móvil.

El objetivo de este estudio fue obtener matrices origen-destino de viajes entre provincias en distintos períodos del año 2017 (tanto estival como no estival, cubriendo varios tipos de día de la semana). Estas matrices ori-

gen-destino están segmentadas por modo de transporte (carretera, ferrocarril, aéreo y marítimo); período del día en el que tiene origen el viaje; y distintas características del viaje y del viajero (tales como el lugar de residencia o el propósito del viaje). Los desplazamientos analizados fueron los de distancias superiores a 50 km, salvo para las provincias con mayor número de viajes interprovinciales (Madrid, Barcelona, Alicante y Vizcaya), para las cuales se analizaron todos los desplazamientos de más de 10 km.

Las matrices origen-destino fueron obtenidas mediante la solución analítica de Nommon Solutions and Technologies, empresa española especializada en el análisis de nuevas fuentes de datos para caracterizar la movilidad de la población, a partir de los registros anonimizados de telefonía móvil procedentes de la red de Orange España (MITMA, 2019). Esta solución integra los datos de telefonía móvil junto a datos de usos del suelo (que permiten mejorar la precisión espacial con la que se ubican las actividades); datos de la oferta y red de servicios de transporte (que permiten interpretar los registros de telefonía generados durante los viajes para identificar el modo de transporte y la ruta seguida por el viajero); datos sociodemográficos (que permiten expandir la muestra) y otros datos de demanda de transporte disponibles que sean de utilidad para ajustar los resultados. La solución preprocesa y limpia los datos de partida, eliminando los errores de la fuente original y filtrando la información que no es necesaria para el análisis de la movilidad. Tras seleccionar una muestra de usuarios con registros suficientes para caracterizar su movilidad, se analizan los datos para iden-

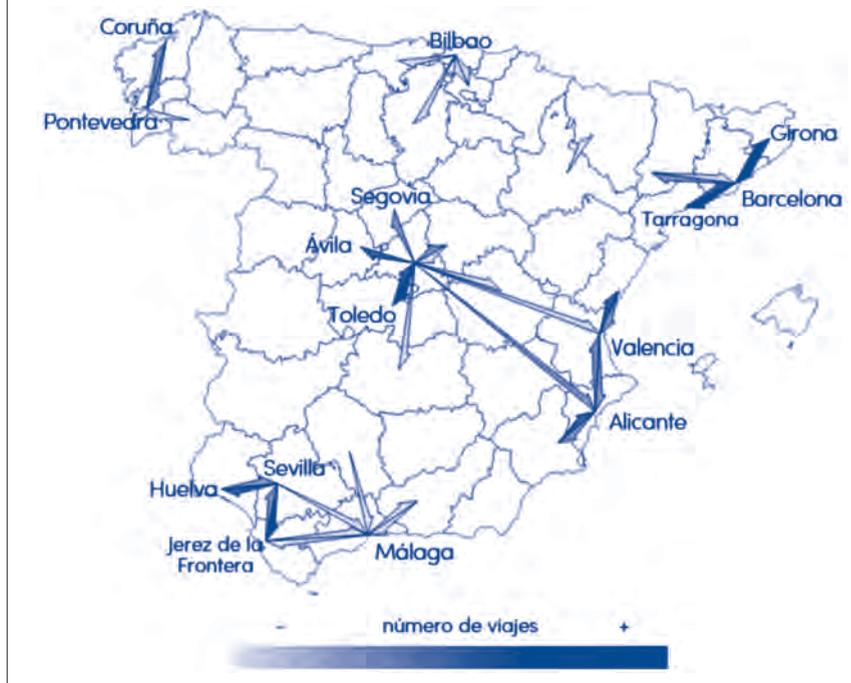
tificar la ubicación y duración de las actividades de los usuarios anónimos. Los desplazamientos entre estas actividades son los viajes, de los cuales es posible extraer más información gracias a los registros generados durante cada viaje. La posibilidad de analizar secuencias de varias semanas para cada usuario permite identificar en qué zona reside, lo que es de utilidad para la expansión de la muestra, según la relación entre población y muestra residente en cada unidad censal. De esta manera, se asigna un factor de expansión a cada cadena de actividades y viajes, lo que permite, finalmente, generar los indicadores de movilidad con la agregación espacial y temporal deseada.

Los resultados han permitido al MITMA caracterizar con precisión los desplazamientos entre provincias y su variabilidad en distintos tipos de día, tanto a lo largo de la semana como a lo largo del año. En particular, se pudieron identificar qué flujos casa-trabajo de larga distancia son los más relevantes en España gracias a las matrices origen-destino de días laborables, tal como se observa en el gráfico 1 (por ejemplo, Girona-Barcelona o Toledo-Madrid). El análisis de estos flujos por modo permite cuantificar la captación del ferrocarril en estas relaciones frente al vehículo privado, lo que es esencial para elaborar estrategias que permitan reducir la huella de carbono de este tipo de desplazamientos. Además, se pudieron identificar las relaciones que más crecen en operaciones salida asociadas a períodos vacacionales, tales como Madrid-Alicante o Vizcaya-Cantabria, como se puede ver en el gráfico 2. Esta información puede servir para ajustar la oferta de transporte

GRÁFICO 1
RELACIONES PRINCIPALES EN LA MATRIZ ORIGEN-DESTINO DE JUEVES PROMEDIO DE PERÍODO NO ESTIVAL (OCTUBRE DE 2017)



GRÁFICO 2
RELACIONES PRINCIPALES EN LA MATRIZ ORIGEN-DESTINO DEL VIERNES 14 DE JULIO DE 2017 (OPERACIÓN SALIDA)



público interprovincial de manera más adecuada a la demanda excepcional que se da en períodos pico. Los resultados del estudio han sido publicados como datos abiertos (OTLE, 2020) y están siendo empleados por el MITMA para la construcción del Modelo Nacional de Transportes (MNT), herramienta que permitirá explorar escenarios de políticas públicas de transporte a nivel estatal (MITMA, 2021a).

2. La monitorización de la movilidad durante la pandemia de COVID-19

Una de las medidas más extendidas para combatir la pandemia de COVID-19 ha sido la limitación de la movilidad, con el propósito de reducir el contacto social. El MITMA aprovechó su experiencia previa con los datos de telefonía móvil para lanzar un proyecto de monitorización continua de la movilidad a nivel estatal en marzo de 2020, con el

objetivo de comprobar el cumplimiento de las medidas de restricción y vigilar los cambios en los patrones de demanda de transporte derivados de la situación excepcional. Esta información ha sido muy útil para la adaptación de la oferta de transporte público a las necesidades de desplazamiento, así como para el desarrollo de modelos epidemiológicos de difusión de la enfermedad. La capacitación de los técnicos gracias a las experiencias previas con datos de telefonía fue vital para poder promover y gestionar con rapidez un proyecto de estas características.

En este estudio se han obtenido matrices origen-destino y otros indicadores de movilidad (por ejemplo, número de viajes por persona) de manera continua desde marzo de 2020 hasta mayo de 2021, cubriendo todos los días de este período. El MITMA obtuvo esta información con tan solo tres días de decalaje, de manera que podía

disponer en muy poco tiempo de datos actualizados acerca de cómo se comportaba la movilidad en el país. Las matrices origen-destino registraron todos los desplazamientos de más de 500 metros, con una zonificación de tamaño variable (desde agrupaciones de municipios en el ámbito rural hasta nivel de distrito en las ciudades). La información tiene resolución horaria e incluye segmentaciones como el propósito de viaje. Un ejemplo de la información que se puede obtener mediante este estudio es la que se observa en el gráfico 3, donde se muestra la evolución diaria del número de viajes entre las provincias de Madrid y Barcelona desde que irrumpió la pandemia. Se observa cómo los mínimos de movilidad se registraron durante el confinamiento más estricto en marzo y abril de 2020, así como durante el temporal invernal Filomena en enero de 2021. Se observa también el impacto del período estival o la disminución de la movilidad en

GRÁFICO 3
EVOLUCIÓN DIARIA DEL NÚMERO DE VIAJES ENTRE LAS PROVINCIAS DE MADRID Y BARCELONA (AMBOS SENTIDOS) ENTRE FEBRERO DE 2020 Y FEBRERO DE 2021

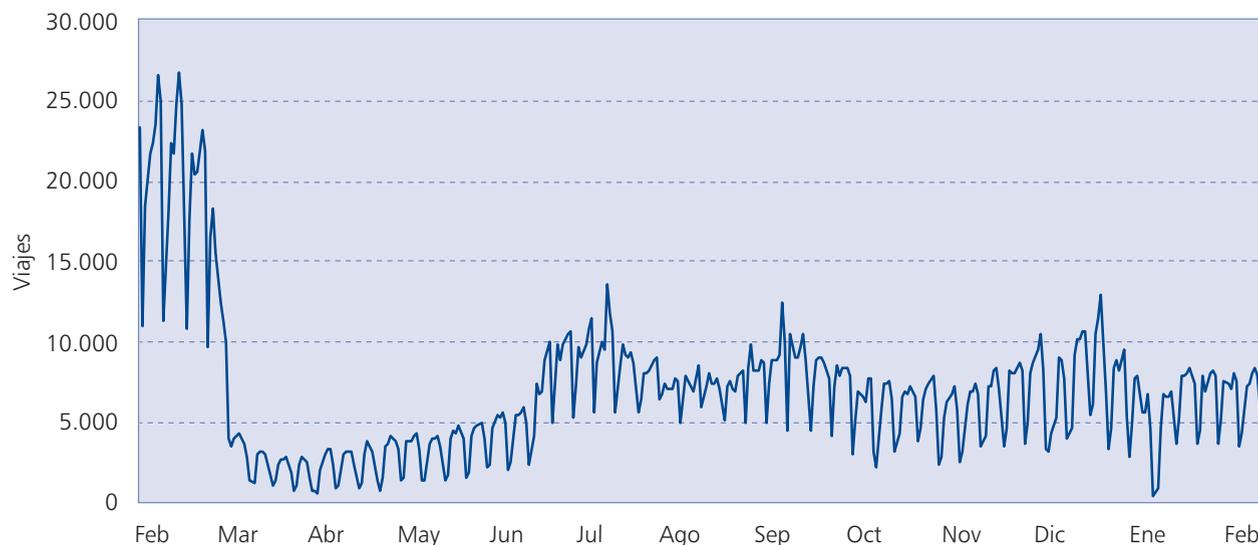
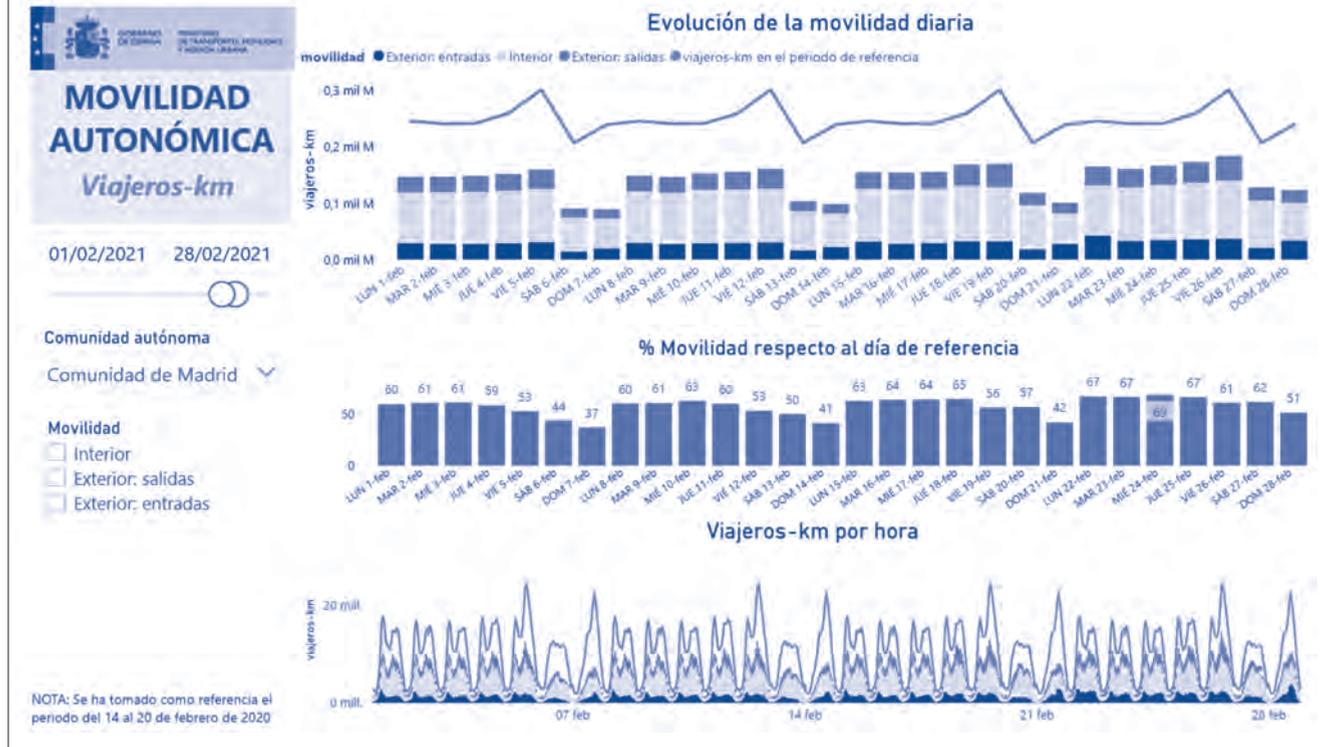


GRÁFICO 4

EJEMPLO DE LA HERRAMIENTA DE VISUALIZACIÓN CREADA POR EL MITMA PARA EXPLOTAR LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE MONITORIZACIÓN DE LA MOVILIDAD



octubre y noviembre de 2020 coincidiendo con la segunda ola de la pandemia.

Al igual que en el caso de uso anterior, estas matrices origen-destino y el resto de indicadores fueron obtenidas mediante la solución analítica de Nommon Solutions and Technologies a partir de los registros anonimizados de telefonía móvil procedentes de la red de Orange España (MITMA, 2021b). Dicha solución fue adaptada para incrementar las capacidades de computación y automatizar las validaciones de datos de partida e información de salida, de manera que fuera posible la producción de indicadores de movilidad en un corto período de tiempo desde la recepción de los datos. El MITMA desarrolló un portal de

visualización de la información para poner los resultados a disposición de toda la ciudadanía (gráfico 4), así como un portal de descarga de los datos (MITMA, 2021c).

IV. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN EN MARCHA

1. Incorporación de nuevas fuentes de datos

La constante aparición de tecnologías emergentes da lugar a nuevas generaciones de fuentes de datos con gran potencial para aportar distintas perspectivas en el análisis de la movilidad. Algunas de estas tecnologías surgen en el propio ámbito del transporte, como es el caso

del vehículo autónomo y conectado. La progresiva automatización de los servicios de movilidad, no solo del vehículo privado, va a facilitar la recopilación de datos de demanda de transporte (por ejemplo, mediante el análisis detallado de la ocupación del transporte público, dada la necesidad de monitorizar la subida y bajada de viajeros). En otros casos, tecnologías más transversales o que no son propias del sector del transporte son las que aportan el nuevo tipo de dato. Un ejemplo son los datos procedentes de satélites (conocidos como *earth observation*): imágenes de alta resolución que registran con una frecuencia elevada cambios en los usos del suelo. La combinación de esta fuente con los datos procedentes de dispositivos móviles permitirá

el cálculo de nuevos indicadores de actividad socioeconómica y de uso del espacio público.

2. Obtención de nuevos indicadores de actividad de la población

La explotación de nuevas fuentes de datos para el análisis de la movilidad se ha centrado habitualmente en la obtención de matrices origen-destino a distintas escalas (por ejemplo, a nivel de ciudad o región mediante datos de telefonía móvil, a nivel de red de carreteras local con sensores wifi o *bluetooth*, etc.). Este foco se debe a que las matrices origen-destino son la manera más habitual de representar la dimensión de la demanda en modelos de transporte, al expresar de una manera sintética los flujos de desplazamientos entre zonas, construyendo una matriz por cada segmentación que se desee. Sin embargo, las nuevas fuentes de datos permiten la construcción de otros indicadores de movilidad y actividad de la población en el territorio que van más allá de las matrices origen-destino. Un ejemplo está constituido por indicadores que miden la existencia de cadenas de viaje triangulares (*tours*), con paradas intermedias para satisfacer algunas actividades (por ejemplo, compras) en los movimientos casa-trabajo. Este tipo de realidades no se reflejan en las matrices origen-destino y, sin embargo, son muy relevantes para entender la competitividad del transporte público frente al vehículo privado. Otro ejemplo está relacionado con indicadores de contacto social, que expresan la concurrencia de personas de distintos segmentos sociodemográficos en ciertos lugares e instantes determinados.

La pandemia de COVID-19 ha incrementado el interés por este tipo de indicadores desde el punto de vista de la epidemiología, pero su aplicación es extensible a otras áreas, como los estudios acerca de la desigualdad y segregación social.

3. Del análisis descriptivo al análisis predictivo: aplicación de inteligencia artificial

El estudio realizado por el MITMA durante la pandemia de COVID-19 es un buen ejemplo de las capacidades de las nuevas fuentes de datos para monitorizar la movilidad. No obstante, las oportunidades de la recogida continua de información no se limitan únicamente a una mejor caracterización de la movilidad actual. La construcción de bases de datos de demanda de transporte longitudinales con alto nivel de detalle abre la puerta al desarrollo de modelos predictivos basados en técnicas de inteligencia artificial. Estos modelos se nutren de los patrones cíclicos de demanda asociados al calendario (estacionalidad, diferencias entre días de la semana, etc.), pero también de la incidencia de eventos puntuales, de la meteorología y de otros factores dinámicos en la movilidad. La disponibilidad de estas capacidades predictivas permite un gran número de casos de uso, relevantes tanto para planificadores de transporte como para operadores de servicios de movilidad.

V. CONCLUSIONES

En los últimos años, el sector de la movilidad ha experimentado un crecimiento en sus capacidades de análisis de la demanda de transporte gracias a la aparición de nuevas fuentes de datos *big*

data. Estas fuentes, que habitualmente nacen con un propósito diferente a caracterizar la movilidad, permiten un análisis continuo de los desplazamientos sin intervenir en los mismos. Esto presenta numerosas oportunidades frente a las fuentes de datos tradicionales, tales como un mayor tamaño de muestra, una mayor frecuencia de actualización o menores sesgos en la caracterización de la demanda de transporte. Si bien no están exentas de retos, entre los que se encuentran asegurar la privacidad de los datos o el desarrollo de algoritmos capaces de eliminar los errores de partida, las fuentes de datos *big data* se han convertido ya en un instrumento esencial para elaborar diagnósticos de la movilidad más completos y precisos que en el pasado. Esto permite una mejor toma de decisiones tanto a planificadores como a operadores de transporte, tal como demuestran los dos ejemplos de proyectos elaborados por el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana de España basados en datos de telefonía móvil que presenta este artículo.

A pesar de que estas fuentes suponen un gran salto en capacidad analítica, la experiencia sugiere que su aplicación no está necesariamente dirigida a sustituir por completo las fuentes de datos tradicionales, sino a complementar y optimizar su aplicación. La complejidad del fenómeno de la movilidad hace que sea difícil abarcar todas sus dimensiones mediante un único método de investigación. En muchos casos la combinación de fuentes pasivas y encuestas de movilidad es un enfoque óptimo para adquirir una imagen lo más completa posible de la demanda de transporte.

Las nuevas fuentes de datos ya son parte de la caja de herramientas de planificadores y operadores de movilidad, lo que convierte a España en uno de los países más avanzados en la materia. Sin embargo, existen numerosas líneas de investigación en activo que continuarán mejorando las capacidades de análisis gracias a estas fuentes, incorporando nuevas tecnologías y desarrollando nuevos indicadores y métodos de modelado de transporte a partir de la recogida continua de datos.

BIBLIOGRAFÍA

AYFANTOPOULOU, G., BURRIEZA-GALÁN, J., MASEGOSA, A., GRAU, J. M. S., BOUFIDIS, N., MARTÍNEZ, I. M., ... y ROS, O. C. (2020). Cataloging and Assessing City-scale Mobility Data. En *Conference on Sustainable Urban Mobility*, pp. 1139-1148. Springer.

CHEN, C., MA, J., SUSILO, Y., LIU, Y. y WANG, M. (2016). The promises of big data and small data for travel behavior (aka human mobility) analysis. *Transportation Research*

Part C: Emerging Technologies, 68, pp. 285-299.

LANEY, D. (2001). 3D data management: Controlling data volume, velocity and variety. *META Group Research note*, 6(70), p. 1.

LENORMAND, M., LOUAIL, T., CANTÚ-ROS, O. G., PICORNELL, M., HERRANZ, R., ARIAS, J. M., BARTHELEMY, M., SAN MIGUEL, M. y RAMASCO, J. J. (2015). Influence of sociodemographic characteristics on human mobility. *Scientific Reports*, 5(1), pp. 1-15.

MILNE, D. y WATLING, D. (2019). Big data and understanding change in the context of planning transport systems. *Journal of Transport Geography*, 76, pp. 235-244.

MITMA (2019). *Estudio de la movilidad interprovincial de viajeros aplicando la tecnología big data. Informe metodológico*. https://cdn.fomento.gob.es/portal-web-drupal/Docs_OTLE/MFOM-Estudio_Movilidad_Interprovincial_Informe_Metodologico.pdf

MITMA (2021a). *Modelo Nacional de Transportes de España. Diseño general del Modelo Nacional de Transportes*. <https://cdn.mitma.gob.es/portal-web-drupal/hermes/>

[documento_diseno_general_del_mnt.pdf](#)

MITMA (2021b). *Análisis de la movilidad en España con tecnología big data durante el estado de alarma para la gestión de la crisis de la COVID-19. Informe metodológico*. https://cdn.mitma.gob.es/portal-web-drupal/covid-19/bigdata/mitma_-_estudio_movilidad_covid-19_informe_metodologico_v3.pdf

MITMA (2021c). *Open Data Movilidad*. www.mitma.gob.es/ministerio/covid-19/evolucion-movilidad-big-data/opendata-movilidad

OTLE (2020). *Estudio piloto de movilidad interprovincial*. <https://observatoriotransporte.mitma.es/estudio-experimental>

TOOLE, J. L., COLAK, S., STURT, B., ALEXANDER, L. P., EVSUKOFF, A., y GONZÁLEZ, M. C. (2015). The path most traveled: Travel demand estimation using big data resources. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 58, pp. 162-177.

ZHANG, R., YE, X., WANG, K., LI, D., y ZHU, J. (2019). Development of commute mode choice model by integrating actively and passively collected travel data. *Sustainability*, 11(10), p. 2730.

Resumen

Las ciudades son motores de la innovación y del crecimiento económico, lastradas en su desempeño por la contaminación y la congestión originadas por el tráfico. En este trabajo discutimos la evidencia académica sobre algunas de las medidas que se han tomado en las últimas décadas para mitigar los efectos negativos del uso del automóvil. Los resultados sugieren que medidas basadas en pagos por uso, como es el caso de los peajes urbanos, en combinación con restricciones a los vehículos con mayores emisiones constituyen la manera más eficiente de regular el tráfico, a la vez que permiten distribuir los beneficios de manera más amplia entre todos los ciudadanos.

Palabras clave: contaminación, congestión del tráfico, zonas de bajas emisiones, peajes urbanos.

Abstract

Cities are engines of innovation and economic growth, that are often negatively affected by the pollution and congestion originated by car traffic. In this paper we review the academic evidence regarding some of the most common regulations enacted in recent decades to mitigate the negative effect of automobile use. The existing evidence indicates that measures based on pay per use, such as the case urban tolls, sometimes in combination of other restrictions specific to cars with high emissions, constitute the most efficient way to regulate traffic while, at the same time, they allow for the distribution of the social benefits across a broad proportion of citizens.

Keywords: pollution, traffic congestion, low emission zones, urban tolls.

JEL classification: Q52, R41, R48.

DESAFÍOS PARA LA REGULACIÓN DEL USO DEL VEHÍCULO PRIVADO EN LAS CIUDADES

Gerard LLOBET (*)

CEMFI

I. INTRODUCCIÓN

La actividad económica de las sociedades modernas se concentra cada vez más en las ciudades. Individuos y empresas se benefician de la presencia de otros individuos y empresas con ideas o maneras de trabajar complementarias, cuya combinación redundante en una mayor productividad y un mayor valor de su producción. El consenso en la literatura económica sugiere que un incremento en la densidad de población de un 1 por 100 aumenta la productividad en un 0,04 por 100 (ver Duranton y Puga, 2020 para una revisión de la literatura). Estos efectos positivos, denominados «economías de aglomeración», son una de las causas del continuo crecimiento de las ciudades y de la prosperidad a la que dan lugar. Es a cambio de estas ganancias que hemos asumido de manera natural los efectos negativos que vivir en ciudades conlleva, ya sea por el ruido, la contaminación atmosférica o la congestión del tráfico. En las últimas décadas, sin embargo, las autoridades de muchas ciudades han adoptado medidas cada vez más restrictivas para reducir estos efectos negativos, concentrando las restricciones en uno de los principales culpables: el uso del automóvil privado.

A la vez, la historia de las ciudades modernas transcurre en paralelo con la historia del automóvil. Su invención y su ex-

pansión es esencial para explicar el crecimiento de las ciudades, especialmente en las primeras décadas del siglo XX. Hasta mediados del siglo XIX, el diámetro de las ciudades raramente excedía los cinco kilómetros y se podían transitar a pie. La llegada del ferrocarril permitió una cierta expansión de las ciudades, pero solo en los márgenes de su recorrido. Es la rápida adopción del automóvil lo que permitió el desarrollo de los suburbios y contribuyó a la prosperidad de una clase media cada vez más amplia. Entre 1910 y 1930 Estados Unidos pasó de tener 468.000 coches a cerca de 23 millones (ver Gordon [2016]).

La salud pública también se vio beneficiada por la llegada del automóvil como reemplazo de los caballos. Este cambio, contribuyó a mejoras en higiene que limitaron la incidencia de las epidemias, redundando en un incremento en la esperanza de vida en las ciudades a partir de finales del siglo XIX, posibilitando su gran crecimiento. Por supuesto, el automóvil no fue el único causante de esta mejora. La reducción de la incidencia de la tuberculosis, relacionada con condiciones de vida y trabajo precarias, explicaría cerca de la mitad de la reducción de la mortalidad entre 1850 y 1900. La viruela mataba a 22.000 personas al año en Europa en el siglo XVIII, pero su incidencia se redujo sustancialmente a partir de

la popularización de la primera vacuna (ver Evans, 2016).

Habitualmente, se supone que es el éxito del automóvil a nivel social el que termina otorgándole prioridad en las calles en las primeras décadas del siglo pasado. La realidad es, sin embargo, distinta, como Norton (2008) documenta. La presión de la industria del automóvil y sus campañas apelando al uso del vehículo privado como manifestación de la libertad individual terminaron favoreciendo su uso, a la vez que marginaron modos de transportes competidores como el tranvía. Esta conquista de las calles fue esencial para el despegue de la industria del automóvil, explica gran parte de las inversiones en infraestructuras de transporte del siglo XX y ha determinado la forma de las ciudades modernas.

En la actualidad, es precisamente esta tensión entre gestionar las ciudades actuales que se conformaron alrededor del automóvil y, a la vez, mitigar los efectos negativos de su uso lo que hace la gestión de la movilidad urbana un reto al que pocas ciudades han podido dar una respuesta satisfactoria. Durante el siglo XX las ciudades se conformaron a partir de enormes ejes de transporte, generando grandes cicatrices en los centros urbanos, a la vez que crecían los suburbios, cuya baja densidad de población dificultaba su cobertura mediante el transporte público. No es, por tanto, sorprendente que cualquier actuación destinada a limitar el uso del automóvil origine una enorme resistencia por parte de los ciudadanos.

El objetivo de este artículo es dar una breve perspectiva de las medidas que algunas ciudades han experimentado para regular

el uso del automóvil y la evaluación económica de las mismas, tanto respecto a la reducción del tráfico como en cuanto a sus consecuencias sobre la desigualdad y la actividad de las ciudades (ver Fageda y Flores-Fillol, 2018, para una visión más detallada). Este trabajo se abstrae de otras medidas destinadas a proporcionar mejores alternativas al transporte privado, como la inversión en aumentar la frecuencia y la capilaridad del transporte público. Tampoco se discuten las consecuencias de promover transportes alternativos como la bicicleta, que en los últimos años han contribuido a reducir la contaminación a través, por ejemplo, de carriles específicos (Kraus y Koch, 2021) o incluso creando superautovías ciclistas, como en el caso de Londres.

II. HISTORIA DE DOS EXTERNALIDADES

La actividad humana raramente carece de efectos sobre terceros. Cuando compramos un producto beneficiamos al vendedor y cuando hacemos ruido perjudicamos a la gente que se encuentra a nuestro alrededor. Sin embargo, estos dos ejemplos son muy distintos. En el primer caso, el coste del producto se incorpora en el precio y, por tanto, afecta nuestra decisión de adquirirlo o no. En el caso del ruido, y en ausencia de normas específicas, la decisión de limitarlo estará motivada únicamente por nuestra conciencia cívica. En la medida en que no existe un precio que limite el ruido que podemos emitir, nuestras acciones dan lugar a efectos negativos sobre terceros que llamamos externalidades.

Precisamente porque en las ciudades la interacción humana

tiende a ser mayor, las externalidades de nuestras acciones son especialmente relevantes. En el caso del automóvil, las externalidades negativas son principalmente de dos tipos. Por un lado, su uso perjudica la salud de los ciudadanos debido a la contaminación atmosférica y el ruido que genera. Por otro lado, el automóvil genera congestión en la vía pública y es responsable de la pérdida de millones de horas de trabajo en retenciones de tráfico.

En cuanto a la primera externalidad, el automóvil con motor de combustión interna genera multitud de sustancias contaminantes. Entre ellas, los elementos más conocidos son las partículas en suspensión PM_{2,5} y PM₁₀ y el dióxido de nitrógeno (1) (NO₂), y su emisión es especialmente importante en los vehículos con motor diésel. Este motor emite menos CO₂ que el de gasolina, uno de los gases responsables del cambio climático, pero siendo su efecto global no tiene una repercusión específica en las ciudades (2). Aunque la mayor parte de la contaminación se origina a través del tubo de escape, otros elementos del automóvil como los frenos también emiten partículas y, en ese sentido, incluso los coches eléctricos pueden ser importantes fuentes de polución, lo que cuestiona la idoneidad de la transición hacia su uso (Harrison *et al.*, 2021).

La evidencia sobre los efectos nocivos para la salud de estas sustancias contaminantes hace décadas que es incuestionable. Históricamente, la industria y las calefacciones han sido responsables de gran parte de su emisión. Se calcula que el smog generado por el carbón ocasionó unas 4.000 muertes en Londres, 1952. Sin embargo, en la actua-

lidad estas fuentes de contaminación son muy secundarias en comparación con el automóvil, particularmente en los países más desarrollados.

La concentración de partículas en suspensión se asocia a una mayor mortalidad infantil (Chay y Greenstone, 2003) y a una mayor prevalencia de enfermedades pulmonares y cardiovasculares en entornos urbanos. Vohra *et al.*, (2021) estiman que las partículas PM_{2,5} son responsables de cerca de 10 millones de muertes al año. El dióxido de nitrógeno también tiene graves efectos sobre los pulmones. La Organización Mundial de la Salud atribuye más de cuatro millones de muertes anuales a la contaminación del aire, principalmente en las ciudades. Deryugina *et al.* (2019) muestran que los efectos de la contaminación sobre la mortalidad se concentran, especialmente, en la gente mayor.

De manera más general, las partículas en suspensión reducen la actividad cognitiva. Heyes, Rivers y Shaufele (2019) analizan casi 120.000 discursos de los miembros del Parlamento canadiense. Muestran que un incremento de 15 microgramos por metro cúbico de partículas finas reduce la calidad de sus discursos en un 2,3 por 100, equivalente a una disminución de 2,6 meses de escolarización. Ebestein, Lavy y Roth (2016) muestran la estrecha relación entre una mayor contaminación y peores resultados de los niños en los exámenes en Israel. La baja calidad del aire también se asocia a problemas de sueño (Heyes y Zhu, 2019).

Los efectos negativos del automóvil sobre la salud, sin embargo, no se limitan a la contaminación del aire. También es

una fuente significativa de ruido. La evidencia ha constatado que la contaminación acústica se asocia con una mayor prevalencia de las enfermedades cardiovasculares (Münzel, 2018). La Comisión Europea estima en 40.000 millones de euros el coste anual que tiene el ruido en Europa, en gran parte debido a estos efectos (Comisión Europea, 2011).

La segunda fuente de costes sociales originados por el automóvil tiene que ver con las horas perdidas en los atascos y la congestión del tráfico en general. En 2019, los usuarios del automóvil perdieron en promedio 117 horas en atascos en Madrid y 128 en Barcelona (3). Este coste es una externalidad negativa, porque mientras que cada conductor toma la decisión de utilizar el automóvil teniendo en cuenta el coste que el atasco le genera, no se preocupa de cómo su uso del coche alarga el atasco para el resto de los usuarios del automóvil. Además, este coste no recae únicamente en los conductores. La referencia habitual es que en las ciudades el automóvil ocupa más del 60 por 100 de la vía pública, pero constituye el 30 por 100 de los desplazamientos. Este desequilibrio, debido precisamente a los progresivos intentos de las autoridades municipales de reducir la congestión del tráfico, ha dado lugar también a externalidades negativas sobre los no usuarios del automóvil, principalmente peatones, que han visto como su espacio se iba reduciendo progresivamente.

III. LA REGULACIÓN DE LOS PRODIGIOS

La repercusión en la opinión pública de los efectos nocivos de la contaminación sobre la salud ha sido muy menor hasta

las última dos décadas, a pesar de la abundante evidencia al respecto. En cambio, las autoridades sí han actuado para paliar el efecto de los atascos en las ciudades mediante la ampliación de calles y la construcción de carreteras, autopistas y pasos elevados. Estas costosas inversiones, sin embargo, han sido totalmente ineficaces en su objetivo de reducir los atascos tal como muestran Duranton y Turner (2011) para Estados Unidos y García-López, Pasidis y Viladecans-Marsal (2020) para Europa debido a lo que se ha llamado la «Ley Fundamental de la Congestión de las Carreteras» (Downs, 1962). Esta regularidad empírica indica que incrementos en la disponibilidad de carreteras se compensan con un incremento equivalente en el tráfico a través de la demanda inducida que generan. Más y mejores vías de transporte fomentan el uso del vehículo privado en detrimento de otros modos de transporte y, además, atraen tráfico que antes circulaba en vías menos congestionadas o en horas menos convenientes. Este mayor tráfico ha empeorado aún más la contaminación (4). Por otro lado, estas infraestructuras han generado efectos frontera que han tenido efectos sociales, particularmente en el centro de las ciudades. Es por este motivo que cada vez más ciudades están optando por eliminar estas infraestructuras (5).

Aunque muchas ciudades mantienen planes de expansión de la infraestructura viaria, la mayor conciencia acerca del efecto nocivo de la contaminación ha llevado cada vez más a intervenciones que imponen crecientes restricciones al tráfico. Estas restricciones pueden ser de dos tipos, según impongan costes pecuniarios (basados en

precios) o no pecuniarios a los usuarios del vehículo privado.

1. Restricciones no basadas en precios

La oposición de los ciudadanos a medidas que involucren costes monetarios asociados al uso del automóvil ha hecho que las autoridades impongan restricciones cuantitativas, limitando los vehículos que pueden circular. Estas restricciones difieren en su ámbito de aplicación (toda la ciudad o áreas específicas de la misma) y en su ámbito temporal (permanentes o en función de la situación del tráfico o de la contaminación).

Probablemente, la regulación más famosa y una de las más antiguas ha sido la restricción al tráfico en grandes ámbitos urbanos durante episodios de alta contaminación. Se trata de prohibir la circulación de algunos vehículos, obligando así a sus usuarios a utilizar el transporte público o a viajar con otros ciudadanos. Este esquema habitualmente se ha implementado a través del número de la matrícula del vehículo. En Ciudad de México, se implementó en 1989 bajo el nombre *Hoy no Circula*, y prohíbe el uso de 20 por 100 de los vehículos cada día de lunes a viernes, asignando una etiqueta de color a cada coche en función de si la matrícula termina en 1-2, 3-4, 5-6, 7-8 o 9-0. Variaciones de este esquema se han implementado en multitud de metrópolis latinoamericanas, además de en ciudades como Atenas, Delhi o Pekín. En Madrid este protocolo se implementó brevemente desde 2015 a 2019 y alternaba números pares e impares cuando los niveles de contaminación eran elevados.

La evidencia documenta que a corto plazo estas limitaciones tenían un efecto positivo sobre la congestión y la contaminación dado que, de manera mecánica, reducían el número de vehículos en las calles. Sin embargo, desde muy pronto estudios como Eskeland y Feyzioglu (1997) para el caso de Ciudad de México mostraron cómo esta tendencia se revierte en poco más de seis meses debido al llamado «efecto segundo coche». Un gran número de familias compra un segundo vehículo con una matrícula específica para poder circular el resto de los días. Esta expansión en el parque móvil incrementa la polución por al menos dos motivos. Por un lado, los hogares compran vehículos antiguos más contaminantes que de otra manera habrían sido achatarrados. Por otro lado, familias para las que no compensaba tener dos vehículos ahora sí lo hace y cuando los tienen terminan utilizándolos de manera simultánea algunos días. Así, la contaminación y la congestión se extiende a períodos en los que antes no eran un problema relevante. Davis (2008) estima los costes de estas distorsiones en unos 300 millones de dólares al año para la Ciudad de México. El incremento en la contaminación originado por estas medidas también se ha documentado en estudios para otras ciudades, como Bogotá en Zhang, Lawell y Umanskaya (2017).

Es importante enfatizar que el «efecto segundo coche» asociado a este tipo de regulación puede tener consecuencias muy distintas según el nivel de ingresos. Mientras que los hogares con mayores ingresos pueden permitirse un segundo automóvil y seguir circulando sin prácticamente cambios (o incluso más que antes), este no es el caso

para los hogares más modestos. Este resultado contradice los argumentos que se acostumbra a utilizar para justificar este tipo de regulación y que apelan a la necesidad de que todos los ciudadanos contribuyan de la misma manera a mitigar la contaminación. Es, por tanto, irónico que se hable de estos esquemas en contraposición a regulaciones como los peajes urbanos, que habitualmente son criticados precisamente por crear distinciones entre ciudadanos basadas en sus ingresos y la disponibilidad a pagar por circular.

En el extremo contrario, el otro tipo principal de restricciones al tráfico apuesta por limitaciones permanentes, pero que habitualmente se concentran en áreas reducidas de la ciudad. El ejemplo principal son las zonas de bajas emisiones (ZBE), donde los vehículos más contaminantes no pueden circular a menos que pertenezcan a un residente. Este tipo de medidas han sido adoptadas en un gran número de ciudades europeas para cubrir sus núcleos históricos. Recientemente, se han extendido a ámbitos más amplios, por ejemplo en Barcelona, donde vehículos sin distintivo ambiental no pueden entrar en el área incluida entre la ronda Litoral y ronda de Dalt, lo que incluye prácticamente toda la ciudad y algún municipio colindante.

La evaluación de las ZBE por parte de la literatura económica ha sido principalmente positiva. Como en el caso de las restricciones a la circulación discutidas anteriormente, el efecto mecánico de estas zonas es la reducción a corto plazo del tráfico al excluir los vehículos que no cumplen con los estándares medioambientales y, por tanto, disminu-

yen la congestión y la contaminación en el área regulada. Sus detractores mencionan que estas restricciones pueden generar un efecto frontera, aumentando la circulación de los vehículos más contaminantes en su perímetro y con ello trasladando la congestión y la contaminación a las zonas colindantes. Wolff (2014) evalúa estos efectos en el caso de Alemania donde un gran número de ciudades tienen ZBE. Sus resultados apuntan a una reducción promedio a largo plazo de las emisiones de PM10 de un 9 por 100, incluyendo también áreas exteriores pero cercanas a la ZBE. Este resultado sugiere que el efecto frontera sobre la contaminación en la práctica es poco significativo. Salas *et al.* (2021) evalúan la ZBE de Madrid (Madrid Central) y obtienen un resultado parecido, mostrando que las concentraciones de óxido de nitrógeno disminuyeron tanto en el área restringida como en zonas cercanas. Sin embargo, este efecto es probable que sea de corto/medio plazo dado el reducido intervalo de tiempo entre la adopción de la regulación y las mediciones utilizadas en el estudio. En cambio, las ZBE son poco eficaces a la hora de reducir la congestión del tráfico, como muestran Bernardo, Fageda y Flores-Fillol (2021).

Uno de los mecanismos principales que explican la aparente contradicción de los resultados anteriores es el cambio en la composición del parque de vehículos al que la ZBE puede dar lugar. Wolff (2014) muestra que los hogares reemplazan sus vehículos más contaminantes por otros de bajas emisiones y este incentivo es mayor cuanto más cerca de la ZBE viven. Wolff estima que la adopción de vehículos comerciales de bajas emisiones

aumenta un 88 por 100, mientras que en el caso del vehículo privado el aumento es de un 5 por 100. Este es, probablemente, el motivo por el que el efecto frontera termina siendo poco significativo. Por otro lado, la «Ley Fundamental de la Congestión de las Carreteras» haría que una vez los ciudadanos han reemplazado su vehículo por otro que se ajusta a la normativa, vuelvan a utilizarlo en las mismas condiciones, recuperando el nivel de congestión habitual antes de que se adoptara la ZBE.

La comparación de los dos esquemas anteriores permite extraer dos conclusiones importantes. La primera es que los ciudadanos se adaptan a la regulación y, como resultado, el efecto positivo de las restricciones al tráfico en el corto plazo es poco indicativo de sus consecuencias futuras. El resultado a largo plazo dependerá de los incentivos que la regulación promueva a achatar los vehículos más contaminantes y reemplazarlos por otros más limpios o por el uso de otros medios de transporte. Segundo, el efecto que la regulación tenga a largo plazo será distinto según el nivel de ingresos de los hogares, siendo los de menores ingresos los que más probablemente respondan abandonando el uso del automóvil. En el caso de las ZBE, la adopción de vehículos más limpios es probable que se concentre en los hogares con mayores ingresos, para los que la compra de un vehículo nuevo es un gasto menos oneroso.

Por otro lado, el caso de Barcelona también muestra que la distinción entre los diferentes tipos de regulaciones de tráfico adoptadas en este trabajo es, hasta cierto punto, arbitraria y se utiliza principalmente por mo-

tivos de exposición. Es posible utilizar modelos híbridos, que combinen un área amplia de aplicación de la regulación y hacerlo mediante una ZBE de tal manera que se mitigue el «efecto segundo coche». Con ello se induce la compra de vehículos más limpios y se actúa reduciendo la contaminación. Esta parece ser una tendencia creciente y, por ejemplo, el programa *Hoy No Circula* de la Ciudad de México ha adoptado este modelo híbrido, manteniendo la limitación por número de matrícula, pero eximiendo de la restricción a los vehículos con bajas emisiones contaminantes.

Es importante notar, sin embargo, que estas regulaciones híbridas no están exentas de oposición. Se argumenta que las ZBE son discriminatorias, al condicionar en el lugar de residencia del conductor o el vehículo que posee. Ampliar una ZBE podría suavizar esta oposición al eximir de la regulación a una proporción mayor de los vehículos. El problema, en ese caso, es que al hacerlo el impacto de la regulación sobre la contaminación se mitiga notablemente. Por ello, la implementación de grandes ZBE requiere imponer restricciones también entre los residentes, lo que de nuevo es probable que sea políticamente impopular.

Un segundo tipo de esquemas ha intentado reducir la congestión manteniendo el nivel de tráfico, a la vez que se reduce la contaminación. Esta aparente contradicción proviene de la idea que la contaminación de un vehículo se minimiza a una velocidad media constante, mientras que los cambios de velocidad son resultado (o causa) de atascos más o menos puntuales. La adopción de este principio se puede articular de varias formas.

En algunas vías de alta capacidad se limita el acceso a través de semáforos que regulan el flujo de tráfico, minimizando los atascos. En otros casos se reduce el límite de velocidad para inducir un nivel de tráfico estable. Un ejemplo de esto último es la política de «Zona 80» que se estableció en Barcelona entre 2008 y 2011. Vías que tenían una velocidad máxima de 110 o 120 km/hora pasaron a adoptar una velocidad máxima de 80 km/hora en horas de alto tráfico. Los resultados de estas medidas sobre la contaminación son ambiguos. Por un lado, trabajos como Bel y Rosell (2013) o Bel *et al.* (2015) sugieren que esta medida no tuvo un efecto significativo y si lo tuvo fue probablemente contrario al esperado. Gong (2016), sin embargo, utilizando datos más desagregados, estima una disminución de la contaminación cercana al 3 por 100.

Por último, muchas restricciones al tráfico buscan reducir la contaminación sin afectar la congestión o incluso aumentándola. La reducción del espacio para el vehículo privado en la calle, bien a través de la expansión de las aceras o de reservar parte de la calzada para el transporte público o la bicicleta desplaza algunos vehículos a otras vías y aumenta los atascos. Este tipo de intervención a menudo recibe el nombre de «urbanismo táctico» y es especialmente controvertido en ciudades como Barcelona. La peatonalización, particularmente de centros históricos, tiene efectos parecidos. Según un reciente estudio de 2020 de la Organización de Consumidores y Usuarios (OCU) (6) sobre las diez mayores ciudades españolas, el 20 por 100 de los kilómetros de calle en Bilbao y el 18 por 100 de Barcelona o Valencia estaban

peatonalizadas, en contraste con solo el 4 por 100 de Madrid.

Estas medidas buscan que la «Ley Fundamental de la Gestión de las Carreteras» actúe en dirección contraria a lo que se pretende con la creación de nuevas infraestructuras. Al reducir el ámbito de circulación del automóvil se desanima a medio plazo el uso del vehículo privado por parte de algunos conductores. A corto plazo, sin embargo, estas medidas conllevan un aumento en los atascos y dan lugar a protestas airadas por parte de la ciudadanía. Esta resistencia es aún mayor en el caso de la peatonalización de las calles donde, además, se argumenta un efecto negativo sobre los comercios, dado que habitualmente este tipo de restricciones se adopta precisamente en las calles más comerciales. La evidencia empírica desmiente este tipo de afirmaciones y trabajos como Hass-Klau (1993) muestran que el efecto sobre la actividad comercial es habitualmente positivo, sobre todo en el medio y largo plazo.

2. Restricciones basadas en precios

Las restricciones discutidas anteriormente y que no están basadas en precios buscan reducir la contaminación, y en algunos casos también la congestión, originada por el tráfico. Su objetivo es únicamente la eficacia, ignorando las posibles ineficiencias a las que puedan dar lugar. Como hemos visto, incluso bajo ese poco ambicioso criterio no todas las regulaciones son eficaces al no tener en cuenta los incentivos de los ciudadanos a adaptarse a estas medidas.

Desde el punto de vista económico, la regulación óptima

debe tener en cuenta las posibles ineficiencias que se generan y también anticipar la respuesta de los ciudadanos a estas medidas. Una manera de formular este tipo de regulación es a partir de las siguientes dos preguntas. Primero, ¿cuál es el nivel de tráfico que maximiza el bienestar social? Segundo, ¿cómo mejor asignar el recurso escaso que es el nivel óptimo de tráfico para la circulación en vehículo privado entre los ciudadanos?

La respuesta a la primera pregunta va más allá del alcance de este trabajo. El nivel óptimo de tráfico debería provenir de un análisis coste-beneficio. Un mayor nivel de tráfico genera, por un lado, las externalidades negativas mencionadas anteriormente, el efecto de las cuales crece de manera convexa con el uso del automóvil. Por otro lado, hasta un cierto punto, el nivel de tráfico conlleva ahorros de tiempo a los usuarios y puede facilitar el crecimiento de las ciudades, generando economías de aglomeración. Los efectos positivos crecen en menor medida cuando el nivel de tráfico es mayor. Esto significa que facilitar el tráfico hasta un cierto punto es eficiente, y se debe regular en el punto en el que un incremento del mismo conlleve efectos positivos adicionales que se equiparen al incremento en las externalidades negativas. Este nivel será distinto para cada municipio y cambiará en el tiempo dependiendo de sus características, la disponibilidad de transporte público o la evolución de la tecnología del automóvil, con las consecuentes reducciones en emisiones.

En este trabajo nos concentraremos en la segunda pregunta. La asignación de este recurso escaso eficientemente requiere de la apli-

cación de mecanismos de precios. El motivo es que como en cualquier otro bien o servicio, aquellos usuarios que más valoran el uso del automóvil son también aquellos que están más dispuestos a pagar por ello. Sin embargo, esta propiedad fundamental del mecanismo de precios como manera de asignar recursos es precisamente el origen del rechazo que genera. Se argumenta que los precios son un mecanismo «injusto» al venir el acceso condicionado en gran parte por los ingresos del usuario. Sin embargo, como hemos visto, este es un argumento falaz y la discusión anterior deja claro que incluso otros mecanismos de regulación no basados en precios tienen un efecto heterogéneo entre los hogares, donde aquellos con mayores ingresos serán los que tendrán más fácil la adaptación y podrán buscar la manera de poder seguir trasladándose en vehículo privado. Por tanto, no es evidente que los mecanismos de precios sean más «injustos» que otras de las alternativas que hemos discutido. Es más, probablemente este tipo de mecanismos tiene el potencial de distribuir las ganancias de manera más amplia entre la sociedad. Los tipos de regulación discutidos en la sección anterior se basan en reducir el uso del automóvil mediante la imposición de costes no pecuniarios a los ciudadanos que constituyen una pérdida de recursos para la sociedad. El tiempo invertido en un atasco originado por el urbanismo táctico o la decisión de comprar un segundo coche más viejo para evitar las restricciones tienen costes sociales significativos. Los mecanismos de precios tienen el mismo efecto disuasorio, pero transforman el coste en una transferencia de los ciudadanos que voluntariamente deciden circular y que puede utilizarse para compensar a aquellos

que renuncien al uso del automóvil.

Probablemente, los dos mecanismos de precios más extendidos son los que conllevan pagos por aparcar y pagos por circular. El aparcamiento de pago es una medida ampliamente extendida y los municipios habitualmente cobran un precio por dejar el coche en algunas calles. Los ayuntamientos acostumbran a distinguir entre dos tipos de aparcamiento de pago en la calle, aquel por el que pagan los residentes de la zona y aquel por el que todo usuario debe pagar. En España, estos dos tipos de aparcamiento habitualmente se identifican como zona verde y zona azul, respectivamente. A esto hay que añadir los aparcamientos por horas fuera de la vía pública y que a menudo son de propiedad privada. Sin embargo, en la mayor parte de las ciudades su relevancia agregada es limitada, al constituir una proporción muy pequeña de todas las plazas disponibles.

Cobrar por aparcar tiene efectos sobre el automóvil en dos dimensiones. Primero, puede afectar la decisión de algunos ciudadanos de tener un coche en propiedad o no. Segundo, el uso del automóvil se reduce cuando se cobra por aparcar, dado que solo aquellos trayectos para los que el valor compense el coste de aparcar se llevarán a cabo. La zona verde y la zona azul tienen efectos diferenciados en estas dimensiones. En ambos casos se desanima el uso del automóvil y se reducen los costes y la congestión asociada a la búsqueda de aparcamiento. La zona verde, sin embargo, puede facilitar, en comparación con la zona azul, la propiedad al hacer que los residentes no tengan que competir con los visitantes por un sitio

de aparcamiento cerca de su casa. Guo (2013), por ejemplo, muestra para Nueva York que la disponibilidad de aparcamiento gratuito para residentes explicaría cerca de un 10 por 100 de la decisión de poseer un automóvil. Albalade y Gragera (2020) analizan el caso de Barcelona y obtienen resultados en la misma dirección. En particular, estudian las consecuencias de convertir plazas de aparcamiento gratuito en plazas para residentes. Sus resultados indican que esta política conllevó un incremento en la propiedad de automóviles de un 1,1 por 100. En términos de bienestar, el efecto fue neutro. La reducción de la contaminación por la reducción de desplazamientos de los no residentes compensó el incremento en la propiedad de automóviles que aumentó los desplazamientos de los residentes y contribuyó a la sobreutilización del espacio público.

El pago por aparcar de no residentes (la zona azul) tiene efectos parecidos al segundo mecanismo de precios: los peajes por circular (7). Estos peajes son la manera preferida por los economistas de gestionar el tráfico. Se trata de que cada usuario pague por el uso del automóvil de acuerdo con las externalidades (contaminación y congestión) que genera sobre los demás. Este pago es lo que se denomina un *impuesto pigouviano* (de Pigou, 1920) y hace que solamente aquellos trayectos que generan un beneficio privado mayor al coste de las externalidades a las que dan lugar, se lleven a cabo. Singapur fue la ciudad pionera en este tipo de esquema en 1975, pero desde entonces se ha extendido a los países nórdicos y a ciudades del Reino Unido e Italia (8).

Uno de los casos más estudiados es la ciudad de Londres que tiene un peaje desde 2003 llamado *Congestion Charge* y que, actualmente, tiene un importe de alrededor de 15 libras al día. Los estudios indican que este peaje contribuyó a la reducción del tráfico de vehículos privados de cerca del 12 por 100 entre 2000 y 2011 (Transport for London, 2012), a pesar del incremento en el número total de desplazamientos del 16 por 100. Curiosamente, el efecto sobre la congestión (los atascos) no ha sido muy significativo, en parte porque se dedicó espacio en la calle que antes se destinaba al automóvil a peatones y ciclistas. La contaminación se habría reducido en este período cerca de un 16 por 100, aunque gran parte de esta reducción se podría deber a otros motivos, como la mayor eficiencia de los vehículos nuevos, la recesión de la primera década del siglo o el incremento en el precio de la gasolina.

Aunque es evidente que un peaje reduce el tráfico, la pregunta relevante es cuál es la sensibilidad de este tráfico al precio del peaje para poder determinar así el peaje óptimo. Para aprender sobre esta sensibilidad al precio son interesantes artículos como Gibson y Carnovale (2015), que utilizan un (casi) experimento natural para medir el efecto de los peajes sobre la polución. El estudio se basa en el esquema en vigor en Milán. El 16 de enero de 2012 se implementó un nuevo sistema de peajes que reemplazaba al ya existente entre 2008 y 2011. De acuerdo con el nuevo sistema se cobraban 5 euros a los vehículos que accedieran al centro de la ciudad. Sin embargo, este sistema fue suspendido por sorpresa por los tribunales entre el 26 de julio y el 27 de septiem-

bre de 2012. Los autores utilizan este cambio para observar cuál habría sido el nivel de tráfico y de polución sin estos peajes. Sus resultados muestran que si hubiera estado vigente la contaminación se habría reducido entre un 6 y un 17 por 100 y el número de desplazamientos en el área restringida habría disminuido en más de un 14 por 100. Por otro lado, el peaje estaría desplazando tráfico a horas en las que no se aplicaba (de 7:30 p. m. a 7:30 a. m.) y a zonas limítrofes. Los autores calculan que los peajes originan, a través de la reducción de la contaminación y la congestión del tráfico, unas ganancias sociales de cerca de 3.000 millones de dólares al año.

Como en otros casos, es importante tener en cuenta que estos efectos son de corto plazo y que, a largo plazo, el impacto podría ser aún mayor, dado que los peajes urbanos pueden promover cambios en los hábitos de los ciudadanos y en sus decisiones de dónde vivir, dónde trabajar, o dónde llevar a sus hijos al colegio. Consistente con esta idea, Gibson y Carnovale (2015) muestran que en Milán el peaje tuvo menores efectos precisamente en aquellas áreas donde el transporte público era abundante, lo que indicaría que los ciudadanos que valoran más su uso habrían decidido ya ir a vivir precisamente a esas áreas.

También existe evidencia de que los peajes urbanos pueden tener un efecto importante sobre la salud de los ciudadanos. Simenova *et al.* (2019) identifican el efecto del peaje en Estocolmo sobre la salud de los niños. Este peaje es de un máximo de alrededor de 2 euros (varía según la hora del día, siendo cero por las noches o los fines de semana) y

su introducción se hizo en dos etapas. Inicialmente, hubo una etapa de prueba y después de su evaluación se implementó este sistema de manera permanente. El efecto sobre el tráfico y los principales contaminantes en los primeros años fue de entre un 5 y un 15 por 100. Los autores muestran que los episodios de asma entre los niños se redujeron significativamente después de la introducción del peaje.

Las bondades de los peajes urbanos contrastan con la resistencia inicial a su implementación. Es importante puntualizar, sin embargo, que la evidencia existente sugiere que la resistencia se convierte en apoyo una vez se han implementado y sus efectos positivos son visibles para los ciudadanos. Así, en el caso de Milán, el esquema de peajes implementado en 2012 tuvo el apoyo del 79 por 100 de los ciudadanos de la ciudad. Eliasson (2008) obtiene resultados parecidos para Estocolmo, con un apoyo al mecanismo de peajes que fue creciendo en el tiempo.

Esta aparente contradicción se puede deber a varios motivos. Primero, muchos ciudadanos, enfrentados al coste del peaje, deciden dejar de utilizar el automóvil y una vez incurrido el coste de adaptación a la alternativa, valoran las ventajas en términos de menor contaminación atmosférica y menor ruido. Las ganancias también se manifiestan cuando el pago del peaje reduce el tiempo de viaje. Segundo, los ingresos obtenidos por los peajes a menudo se invierten en aumentar los recursos destinados al transporte público, extendiendo los beneficios a toda la sociedad. Finalmente, a pesar de lo que se acostumbra a sugerir, los peajes no son necesariamente regre-

sivos. Más allá del uso que se pueda hacer de los ingresos que generan, el argumento de que un peaje perjudica a los hogares con menores ingresos, en la línea que se ha sugerido anteriormente, no es cierto de manera general. El automóvil privado se utiliza en cerca del 30 por 100 de los desplazamientos que, sin la existencia de peajes pero donde ya se aplican otras medidas como el pago por aparcar, se concentran en los hogares con mayores ingresos. De acuerdo, por ejemplo, con la encuesta de movilidad de Barcelona de 2006, solo el 36 por 100 de los ciudadanos con renta menor a los 1.200 euros al mes utilizaba el coche, mientras ese porcentaje aumentaba hasta el 85 por 100 para los que ganaban más de 6.000 euros (9). Muy probablemente, la oposición que observamos a los peajes proviene de la relativa minoría de hogares con nivel de ingresos medio-alto y alto que seguirá utilizando el automóvil a pesar de los peajes. A pesar de que los beneficios son mayores, están extendidos de manera tan amplia que no compensa para un ciudadano en particular pronunciarse a su favor. El hecho que el automóvil sea utilizado principalmente por ciudadanos de mayores ingresos también explica porque las ZBE acostumbra a generar menos oposición, al ser estos ciudadanos los que habitualmente tienen vehículos más limpios y, por tanto, valoran principalmente los beneficios de la regulación. Esta relación explicaría que las ZBE sean más habituales en ciudades con mayor renta (Fageda, Flores-Fillol y Theiler, 2021).

IV. PROPUESTAS PARA LA CIUDAD DEL FUTURO

Los peajes urbanos tienen la virtud de ser un mecanismo sen-

cillo, relativamente fácil de implementar y que desanima los usos menos eficientes del automóvil. Estas características, además de los ingresos que generan, los hacen superiores a las restricciones cuantitativas. Sin embargo, los peajes tienen algunas limitaciones al ser un mecanismo que no otorga la posibilidad de reducir la contaminación y la congestión de manera separada. Todos los automóviles generan básicamente la misma congestión por kilómetro recorrido, pero la contaminación de cada vehículo es distinta dependiendo de si es eléctrico, híbrido o con motor de combustión. Así, cobrar el mismo peaje a todos los vehículos tendrá mayores efectos sobre la congestión que sobre la contaminación, al no proporcionar incentivos a reemplazar vehículos antiguos por otros más limpios.

El peaje óptimo, por tanto, debería ser distinto para diferentes tipos de vehículos. Los coches que generan menores externalidades pagarían un peaje menor, incentivando la compra de estos vehículos. El peaje también debería variar según el día y el nivel de congestión y contaminación existente. Esto último ya sucede en ciudades como Singapur, donde el peaje aumenta cuando la congestión es mayor. Desgraciadamente, implementar un mecanismo de este estilo va en contra de los objetivos de simplicidad necesarios para su aceptación por parte de los usuarios.

Es por ello que, recientemente, se han propuesto alternativas que, manteniendo la simplicidad de los peajes, pueden acercarse un poco más al mecanismo óptimo. Uno de ellos es la combinación de peajes con medidas de restricción que aplican únicamente a los vehículos más contaminantes, como

las ZBE. Por este motivo, Fageda y Flores-Fillol (2018) proponen para Madrid y Barcelona implementar un peaje con un importe inicial bajo, pero que aumente progresivamente en el tiempo hasta conseguir eliminar la congestión. La reducción de la contaminación vendría de la mano de la reducción en el tráfico.

El hecho que las ZBE afecten principalmente a los hogares de menores ingresos ha llevado a algunos autores como Basso, Montero y Sepúlveda (2021) a analizar los efectos de un sistema híbrido donde los vehículos de manera rotatoria pueden circular algunos días de manera gratuita, pero deben pagar un peaje el resto de los días. Este peaje solo aplicaría a los vehículos menos contaminantes, estando prohibido el uso de los demás. Este mecanismo incorpora los efectos positivos de mecanismos como *Hoy No Circula*, pero no genera el «efecto segundo coche» a menos que el importe del peaje sea muy alto. Al contrario, puede dar lugar a efectos positivos parecidos a los de las ZBE, al proporcionar incentivos a la compra de vehículos más limpios que puedan circular todos los días, aun teniendo que pagar un peaje.

Curiosamente, las regulaciones que se han planteado hasta ahora se basan en precios y no en fijar la cantidad de coches que circulan. Un sistema de peaje o de asignación de derechos a circular que los usuarios puedan intercambiar tienen propiedades parecidas y ha sido propuesto, por ejemplo, por Brands *et al.*, (2020). La limitación de cantidades es lo que se usa, por ejemplo, en la regulación de las emisiones de CO₂, donde las empresas que tienen derechos que no van a utilizar pueden venderlos a em-

presas que sí los quieran utilizar. Algo parecido podría hacerse en el caso de la circulación del automóvil. Todos los usuarios de la ciudad podrían tener derecho a circular un número determinado de días al año, pero podrían vender estos derechos si no los fueran a utilizar y recibir una compensación por ello. Estos derechos podrían estar asociados al impuesto de circulación del municipio y otorgarían flexibilidad para que los ciudadanos con vehículo registrado en la ciudad tuvieran derecho a circular más días por la misma que los de municipios de su área metropolitana y estos a su vez más que ciudadanos de otros municipios.

Un mecanismo así tendría ventajas con respecto a los peajes de congestión. Por un lado, los costes de gestión con la tecnología actual serían relativamente bajos y bastante parecidos a los de un sistema de peajes. Por otro, este mecanismo es probable que generara menos resistencia que los peajes de congestión, incluso si vinieran asociados a un incremento (menos que proporcional) del impuesto de circulación. Otorgaría ingresos adicionales a los ciudadanos que no utilizaran el vehículo de manera habitual, visibilizando las ganancias del mecanismo y obteniendo su apoyo. Al vincularse al impuesto de circulación podría otorgar más derechos de circulación a los vehículos más limpios. Por otro lado, permitiría racionalizar el diferente importe de los impuestos de circulación entre municipios. El importe que cobra cada municipio difiere a pesar de que otorga los mismos derechos a circular (excepto por las zonas de aparcamiento de residentes) lo que ha convertido algunos municipios en un semiparaíso fiscal donde algunas empresas

registran sus vehículos a bajo coste. Bajo este esquema, los incentivos a registrar el vehículo donde se va a utilizar aumentarían y con ellos se alinearía la recaudación de los ayuntamientos con el coste de mantenimiento de la vía pública.

Finalmente, es importante mencionar que la regulación del uso del automóvil no es más que un aspecto de la gestión de la movilidad. Medidas como el teletrabajo pueden tener un efecto importante sobre la reducción de la congestión y la contaminación. Las autoridades también pueden contribuir a la transición hacia unas ciudades más limpias a través de la promoción del transporte público y, sobre todo, facilitando la multimodalidad, es decir, la combinación de diferentes modos de transporte, incluyendo la gestión de los vehículos compartidos.

NOTAS

(*) Agradecemos a RICARDO FLORES-FILLOL por sus comentarios a una versión anterior de este documento. Todos los errores son míos. Contacto: llobet@cemfi.es

(1) El automóvil genera otros óxidos de nitrógeno que habitualmente se agrupan en el término NOx.

(2) Por este motivo, aun siendo las emisiones de CO₂ y sus efectos sobre el cambio climático una preocupación de primer orden, en este artículo ignoraremos su efecto, dado que la problemática que generan no es específica de las ciudades y, por tanto, debe ser abordada de manera más general.

(3) Ver https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/madrid-traffic/ y https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/barcelona-traffic/

(4) Este ejemplo pone de manifiesto que algunas medidas pueden tener efectos muy diferentes sobre los dos tipos de externalidades generadas por el tráfico y, por tanto, una combinación de medidas puede ser necesaria para mitigar ambas.

(5) Ver «Can Removing Highways Fix America's Cities?», *The New York Times*

(2021), <https://www.nytimes.com/interactive/2021/05/27/climate/us-cities-highway-removal.html> (accedido en agosto de 2021).

(6) Ver <https://www.ocu.org/consumo-familia/derechos-consumidor/consejos/peatones-movilidad-sostenible> (accedido en octubre de 2021).

(7) Una diferencia importante es que el pago por aparcar no aplica a los usuarios que tienen una plaza de aparcamiento en un estacionamiento privado, por ejemplo, en su centro de trabajo. En la medida en que esta disponibilidad está asociada con el nivel de ingresos, el pago por aparcar puede tener efectos más regresivos que los peajes.

(8) Ver <https://www.urbanaccessregulations.eu/userhome/map>. Este mapa también identifica otras regulaciones como las zonas de bajas emisiones, que son habituales sobre todo en Alemania y el norte de Italia.

(9) Ver GERMÀ BEL «Els efectes redistributius de la taxa de congestió» (*Diari Ara*), https://www.ara.cat/opinio/germa-bel-efectes-redistributius-taxa-congestio_129_2676011.html (accedido en octubre de 2021).

BIBLIOGRAFÍA

- ALBALATE, D. y GRAGERA, A. (2020). The Impact of Curbside Regulations on Car Ownership. *Regional Science and Urban Economics*, 81, 103518.
- BASSO, L., MONTERO, J.-P. y SEPÚLVEDA, F. (2021) A practical approach for curbing congestion and air pollution: Driving restrictions with toll and vintage exemptions. *Transportation Research Part A*, en prensa.
- BEL, G., BOLANÉ, C., GUILLÉN, M. y ROSELL, J. (2015). The environmental effects of changing speed limits: A quantile regression approach. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 36, pp. 76-85.
- BEL, G. B. y ROSELL, J. (2013). Effects of the 80 km/h and variable speed limits on air pollution in the metropolitan area of Barcelona. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 23, pp. 90-97.
- BERNARDO, V., FAGEDA, X. y FLORES-FILLOL, R. (2021). Pollution and congestion in urban areas: The effects of low emission zones. *Economics of Transportation*, 26-27, 100221.

<p>BRANDS, D. K., VERHOEF, E. T., KNOCKAERT, J. y KOSTER, P. R. (2020). Tradable permits to manage urban mobility: Market design and experimental implementation. <i>Transportation Research Part A: Policy and Practice</i>, 137, pp. 34-46.</p> <p>CHAY, K. Y. y GREENSTONE, M. (2003). The Impact of Air Pollution on Infant Mortality: Evidence from Geographic Variation in Pollution Shocks Induced by a Recession. <i>The Quarterly Journal of Economics</i>, 118(3), pp. 1121-1167.</p> <p>COMISIÓN EUROPEA (2011). Informe de la Comisión al Parlamento Europeo y al Consejo relativo a la aplicación de la Directiva sobre el ruido ambiental de conformidad con el artículo 11 de la Directiva 2002/49/CE.</p> <p>DERYUGINA, T., HEUTEL, G., MILLER, N. H., MOLITOR, D. y REIF, J. (2019). The Mortality and Medical Costs of Air Pollution: Evidence from Changes in Wind Direction. <i>American Economic Review</i>, 109(12), pp. 4178-4219.</p> <p>DAVIS, L. W. (2008). The Effect of Driving Restrictions on Air Quality in Mexico City. <i>Journal of Political Economy</i>, 116(1), pp. 38-81.</p> <p>DOWNES, A. (1962). The Law of peak-hour Expressway Congestion. <i>Traffic Quarterly</i>, 16(3), pp. 393-409.</p> <p>DURANTON, G. y PUGA, D. (2020). The Economics of Urban Density. <i>Journal of Economic Perspectives</i>, 34(3), pp. 3-26.</p> <p>DURANTON, G. y TURNER, M. A. (2011). The Fundamental Law of Road Congestion: Evidence from US Cities. <i>American Economic Review</i>, 101(6), pp. 2616-2652.</p> <p>EBENSTEIN, A., LAVY, V. y ROTH, S. (2016). The Long-Run Economic Consequences of High-Stakes Examinations: Evidence from Transitory Variation in Pollution. <i>American Economic Journal: Applied Economics</i>, 8(4), pp. 36-65.</p> <p>ELIASSON, J. (2008). Lessons from the Stockholm Congestion Charging Trial. <i>Transport Policy</i>, 15(6), pp. 295-404.</p> <p>ESKELAND, G. S. y FEYZIOGLU, T. (1997). Rationing can backfire: The «day without a car» in Mexico City. <i>World</i></p>	<p><i>Bank Economic Review</i>, 11, pp. 383-408.</p> <p>EVANS, R. J. (2016). <i>The Pursuit of Power: Europe 1815-1914</i>. Penguin.</p> <p>FAGEDA, X. y FLORES-FILLOL, R. (2018). Atascos y contaminación en grandes ciudades: Análisis y soluciones. <i>Fedea Policy Papers</i> – 2018/04.</p> <p>FAGEDA, X., FLORES-FILLOL, R. y THEILER, B. (2021). <i>Price versus Quantity Measures to deal with Pollution and Congestion in Urban Areas: A Political Economy Approach</i>, mimeo.</p> <p>GARCÍA-LÓPEZ, M.-À., PASIDIS, I. y VILADECANS-MARSAL, E. (2020). Congestion in highways when tolls and railroads matter: Evidence from European cities. <i>Working Papers</i>, n.º 2020/11. Department of Applied Economics at Universitat Autònoma of Barcelona.</p> <p>GIBSON, M. y CARNOVALE, M. (2015). The Effect of Road Pricing on Driver Behavior and Air Pollution. <i>Journal of Urban Economics</i>, 89, pp. 62-73.</p> <p>GONG, Z. (2016). <i>Traffic Air Pollution: Regulation and Impact in Barcelona</i>. CEMFI Master Thesis.</p> <p>GORDON, R. J. (2016). <i>The Rise and Fall of American Growth</i>. Princeton University Press.</p> <p>GUO, Z. (2013). Residential Street Parking and Car Ownership. <i>Journal of the American Planning Association</i>, 79(1), pp. 32-48.</p> <p>HARRISON, R. M., ALLAN, J., CARRUTHERS, D., HEAL, M. R., LEWIS, A. C., MARNER, B., MURRELLS, T. y WILLIAMS, A. (2021). Non-Exhaust Vehicle Emissions of Particulate Matter and VOC from Road Traffic: A Review. <i>Atmospheric Environment</i>, 262, 118592.</p> <p>HASS-KLAU, C. (1993). Impact of Pedestrianization and Traffic Calming on Retailing: A review of Evidence from Germany and the UK. <i>Transport Policy</i>, 1(1), pp. 21-31.</p> <p>HEYES, A., RIVERS, N. y SHAUFELE, B. (2019). Pollution and Politician Productivity: The Effect of PM on Mps. <i>Land Economics</i>, 95(2), pp. 157-173.</p> <p>HEYES, A. y ZHU, M. (2019). Air Pollution as a Cause of Sleeplessness: Social Media Evidence from a</p>	<p>Panel of Chinese Cities. <i>Journal of Environmental Economics and Management</i>, 98, 102247.</p> <p>KRAUS, S. y KOCH, N. (2021). Provisional COVID-19 infrastructure induces large, rapid increases in cycling. <i>PNAS</i>, 118(15), e2024399118. https://doi.org/10.1073/pnas.2024399118</p> <p>MÜNZEL, TH., SCHMIDT, F. P., STEVEN, S., HERZOG, J., DAIBER, A. y SORENSEN, M. (2018). Environmental Noise and the Cardiovascular System. <i>Journal of the American College of Cardiology</i>, 71(6), pp. 688-697.</p> <p>NORTON, P. D. (2008). <i>Fighting Traffic: The Dawn of the Motor Age in the American City</i>. Inside Technology, MIT Press.</p> <p>PIGOU, A. C. (1920). <i>The Economics of Welfare</i>. London: Macmillan .</p> <p>SALAS, R., PÉREZ-VILLADÓNIGA, M. P., PRIETO-RODRÍGUEZ, J. y RUSSO, A. (2021). Were traffic restrictions in Madrid effective at reducing NO₂ levels? <i>Transportation Research Part D: Transport and Environment</i>, 91, 102689.</p> <p>SIMENOVA, E., CURRIE, J., NILSSON, P. y WALKER, R. (2019). Congestion Pricing, Air Pollution, and Children's Health. <i>Journal of Human Resources</i>, en prensa.</p> <p>TRANSPORT FOR LONDON (2012). <i>Travel in London</i>. Report 5, Transport of London.</p> <p>VOHRA, K., VODONOS, A., SCHWARTZ, J., MARAIS, E. A., SULPRIZIO, M. P. y MICKLEY, L. J. (2021). Global mortality from outdoor fine particle pollution generated by fossil fuel combustion: Results from GEOS-Chem. <i>Environmental Research</i>, 195, 110754.</p> <p>WOLFF, H. (2014). Keep your clunker in the suburb: Low-emission zones and adoption of green vehicles. <i>The Economic Journal</i>, 124, pp. 481-512.</p> <p>ZHANG, W., LAWELL, C.-Y. y UMANSKAYA, V. (2017). The effects of license plate-based driving restrictions on air quality: Theory and empirical evidence. <i>Journal of Environmental Economics and Management</i>, 82, pp. 181-220.</p>
---	--	--

COLABORACIONES

IV.
ANÁLISIS DE CASOS

Resumen

Este trabajo pretende analizar el fenómeno de la micromovilidad en Barcelona siguiendo una triple perspectiva: describir los perfiles socioeconómicos de los usuarios de la micromovilidad, evaluar sus patrones de uso y motivaciones y comprender el origen de la demanda de micromovilidad. Los resultados del análisis cuestionan el potencial de la micromovilidad para reducir las emisiones y señalan ciertas implicaciones en términos sociales, tanto en términos de uso diferenciado según las características socio-demográficas como en términos de impacto en la salud y el espacio público.

Palabras clave: micromovilidad, sistemas de bicicleta compartida, patinete eléctrico, movilidad urbana, espacio público.

Abstract

This paper aims to analyze the phenomenon of micro-mobility in Barcelona from a threefold perspective: describing the socioeconomic profiles of micro-mobility users, assessing their patterns of use and motivations, and understanding the origin of the demand for micro-mobility. The results of the analysis question the potential of micro-mobility to reduce emissions and point to certain implications in social terms, both in terms of differentiated use according to socio-demographic characteristics and in terms of impact on health and public space.

Keywords: micro-mobility, bike-sharing systems, e-scooter, urban mobility, public space.

JEL classification: O33, R49.

PATINETES ELÉCTRICOS Y BICICLETAS COMPARTIDAS. NUEVOS TRANSPORTES URBANOS, NUEVOS USUARIOS. EL CASO DE BARCELONA

Carme MIRALLES-GUASCH

Oriol ROIG-COSTA

Oriol MARQUET

Universitat Autònoma de Barcelona

I. INTRODUCCIÓN

EN los últimos años, en todas las grandes ciudades han aparecido nuevos vehículos y opciones de transporte compartido, que ofrecen mayor flexibilidad y parecen mucho más sostenibles, enmarcados en el amplio concepto de *micromovilidad*. Las primeras ciudades que adoptaron sistemas de bicicletas compartidas (*BSS*, por sus siglas en inglés), a principios de la década pasada, eran del Norte global y de China, a través de iniciativas públicas o privadas (Chen, Van Lierop y Ettema, 2020; Galatoulas, Genikomsakis e Ioakimidis, 2020; NACTO, 2019). Más recientemente, han aparecido los vehículos de movilidad personal (VMP), normalmente de iniciativa privada (Brustein, 2018; Marshall, 2018; POLIS, 2019). Dentro del marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y de la emergencia climática, estos nuevos medios de transportes se promueven desde las administraciones locales, pero aún no tienen el nivel de investigación suficiente, equiparable a otros transportes más consolidados.

El presente artículo, con el objetivo de incrementar el conocimiento sobre la micromovi-

lidad, analiza el perfil socioeconómico de los nuevos usuarios de BSS con anclaje y de patinete eléctrico (máximo exponente de los VMP) en Barcelona. Con un entorno construido denso, compacto y de uso mixto (Marquet y Miralles-Guasch, 2014), Barcelona es una ciudad que ofrece el escenario idóneo para la implantación de estos modos emergentes (Marquet y Miralles-Guasch, 2014). Una situación que afecta a las regulaciones normativas, a la evaluación de los impactos en los servicios existentes, a la determinación de la legalidad y a la evaluación de la seguridad de los ciudadanos (McKenzie, 2019).

II. LAS BICICLETAS Y LOS PATINETES EN EL CONTEXTO DE LA MOVILIDAD URBANA

Los *BSS* con anclaje pueden definirse como aquellos sistemas que ofrecen *tanto bicicletas convencionales como eléctricas que permiten el alquiler a corto plazo de una estación de anclaje a otra* (Fishman, Washington y Haworth, 2013). Los patinetes eléctricos, por su parte, se definen como *patinetes con un diseño de pie con manillar, cubierta y ruedas que son propulsados*

por un motor eléctrico (Shaheen y Cohen, 2019). Unos y otros son medios de transporte que pueden mejorar las condiciones ambientales y sociales de las ciudades. Por un lado, porque forman parte de la estrategia para disminuir la movilidad de carbono (Velásquez y Eisenbeiss, 2015). Y, por otro, porque, sobre el papel, parecen ofrecer oportunidades en términos de equidad social e inclusión (Semenov, 2017). La comodidad y el dinamismo de estos nuevos modos también pueden mejorar la movilidad urbana, en la medida que aumenten la multimodalidad o el cambio de perspectiva sobre cómo abordar los problemas clásicos de los desplazamientos (Chang *et al.*, 2019).

Desde el punto de vista ambiental, la contribución que pueden aportar los patinetes eléctricos y las flotas de bicicletas compartidas en el proceso de transformación energética es especialmente importante. En este marco, estos medios de transporte pueden influir en una amplia reducción del consumo energético, a la disminución de la contaminación atmosférica y a un aumento general de la eficiencia, logrando tasas de ocupación de los vehículos cercanas al uno a uno. Comparados con los vehículos de motor de combustión interna, los vehículos eléctricos ligeros reducen la congestión y mejoran la salud pública (Parkes *et al.*, 2013), especialmente en entornos urbanos densos (Nieuwenhuijsen y Khreis, 2019). Sin embargo, antes de sacar conclusiones sobre sus impactos en sostenibilidad, estudios sobre el impacto de los vehículos eléctricos de dos ruedas señalan la importancia de realizar una evaluación específica que tenga en cuenta el comportamiento de

cambio modal (Sheng, Zhou y Zhou, 2016; Weiss *et al.*, 2015). En esta línea, Hollingsworth, Copeland y Johnson (2019) realizaron una evaluación del ciclo de vida del impacto de los patinetes eléctricos compartidos y, en consonancia con los estudios realizados en Portland (Oregón) (PBOT, 2018) y en Barcelona (Felipe-Falgas, Madrid y Marquet, 2021), demostraron que la reducción neta del impacto ambiental estaba muy condicionada al tipo de vehículo que sustituían, siendo la reducción casi universal cuando el vehículo al que reemplazaban era el automóvil.

Dada la importancia de tener ciudades más inclusivas, el impacto que el despliegue de la micromovilidad tiene en términos de equidad social y accesibilidad es un eje analítico fundamental. Desde la perspectiva del usuario, estos medios de transporte son atractivos por su comodidad, practicidad y sencillez de uso (NACTO, 2019). En la actualidad, no requieren ninguna licencia específica, ni seguro, ni ningún otro requisito, y el acceso se realiza a través de un sistema de *apps* y pagos *online*, un sistema familiar para la mayoría de los usuarios. Estas mínimas barreras de uso, junto con el hecho de evitar los costes de aparcamiento y las tasas de cobro y mantenimiento, los hacen extremadamente atractivos entre los usuarios potenciales (Hardt y Bogenberger, 2019) y pueden contribuir a minimizar los niveles de exclusión que generan otros medios de transporte en grupos históricamente desatendidos (Clewlow, Foti y Shepard-Ohta, 2018). Sin embargo, para lograr estos objetivos, se requiere atender a ciertas condiciones adversas: combinaciones de falta de acceso, coste, capacidad física

o habilidades técnicas (Milakis *et al.*, 2020) que a menudo terminan excluyendo ciertos barrios o grupos de población (Setterfield, 2016).

A nivel sistémico, los patinetes eléctricos y las flotas de bicicletas compartidas ofrecen un potencial de cambio de paradigma para la movilidad urbana. En su versión actual, estos vehículos dan lo mejor de sí cuando se utilizan para cubrir distancias cortas o medias en entornos urbanos densos. Como resultado, se están utilizando cada vez más para cubrir la primera y la última milla de un viaje multimodal, acortando efectivamente las distancias hacia y desde las estaciones de transporte público y permitiendo nuevos desplazamientos en transporte público (Shaheen y Cohen, 2019). Este impulso de la multimodalidad es sumamente importante porque equipara los viajes en transporte público con los viajes en transporte privado en términos de tiempo, de dinamismo y comodidad. La micromovilidad puede ofrecer flexibilidad y una eficiente accesibilidad puerta a puerta que, combinada con los modos de transporte público, crea una sinergia con un alto grado de acceso, comodidad y rapidez (Kager, Bertolini y Brömmelstroet, 2016), lo que simplifica la planificación de los viajes y reduce la incertidumbre desde la perspectiva del usuario.

Las ciudades buscan activamente sustituir los viajes en coches contaminantes por viajes en modos de micromovilidad más limpios y ligeros, con el fin de luchar contra la emergencia climática. Sin embargo, esta estrategia no es automática. Cambiar hábitos de viaje, modos de transporte utilizados y sus re-

corridos es mucho más difícil y lento de lo que se podría pensar *a priori* (Chorus y Dellaert, 2012). La complejidad del comportamiento de viaje ha creado una doble realidad en la que el cambio modal generalizado es difícil de lograr, pero en la que, al mismo tiempo, aquellos que han cambiado su modo han rehecho y remodelado completamente su comportamiento de viaje (García-Sierra *et al.*, 2015). Entender la complejidad del comportamiento individual y las resistencias a cualquier cambio no solo está relacionado con el nivel de implantación de estos nuevos medios de transporte, sino también su nivel de influencia en la sostenibilidad del sistema.

Dado que el comportamiento de viaje está fuertemente determinado por la suma de elecciones individuales, que no siempre están impulsadas por el pensamiento racional (Ory y Mokhtarian, 2009), cualquier intento de entender la elección modal debe incluir las percepciones y preferencias individuales en el análisis (Miralles-Guasch, Martínez Melo y Marquet Sarda, 2014). Para ello, los estudios sobre el transporte han incorporado en su análisis el vínculo entre la elección modal, las percepciones de viaje y el bienestar (De Vos, 2019; Smith, 2017). Los modos de micromovilidad generarán su propio conjunto de percepciones asociadas y vínculos con la satisfacción de los viajes y el bienestar que también deben ser analizados.

Es fundamental, pues, evaluar el impacto medioambiental y social global de la micromovilidad, y para ello hay que explorar las pautas básicas de uso de estos vehículos junto con el perfil socioeconómico de los usuarios. Este tema es el menos explorado

en la literatura, en gran parte debido a las dificultades para obtener datos, ya sea por la falta de encuestas públicas o por la falta de transparencia y comunicación de las empresas privadas para compartir información (Liao y Correia, 2020). Las primeras investigaciones se han centrado en las características sociodemográficas de los usuarios, sus creencias y percepciones, su nivel de satisfacción y las motivaciones que explican su elección modal (Ampudia-Renuncio, Guirao y Molina-Sánchez, 2018; Becker y Rudolf, 2018; Burghard y Dütschke, 2019). Estos estudios han identificado grupos sociales más dispuestos a utilizar estos modos, como son la población más joven y masculina (Laa y Leth, 2020; Li y Kamargianni, 2018), siendo también el empleo y el estatus económico variables influyentes que conducen al cambio modal (Fishman, 2016). Otros estudios han comenzado a evaluar la sustitución modal y la naturaleza de los antiguos modos de transporte de los nuevos usuarios de la micromovilidad (Laa y Leth, 2020; The Nunatak Group, 2019). Sin embargo, estos primeros estudios se han centrado en los BSS (Fishman, Washington y Haworth, 2013) o en el uso compartido de patinetes eléctricos (Jiao y Bai, 2020). Los análisis que exploran las diferencias de los usuarios entre los modos de micromovilidad son escasos.

III. METODOLOGÍA

El estudio se centra específicamente en la ciudad de Barcelona, una ciudad que se caracteriza por ser compacta, mixta y con altas densidades, con unos 1,6 millones de habitantes (IDESCAT, 2020). La ciudad cuenta con un sistema de transporte público de amplio espectro, compuesto por

líneas de metro, trenes, tranvías y autobuses distribuidas por todo el municipio. Asimismo, el municipio dispone de un sistema público de bicicletas convencionales y eléctricas compartidas, bajo el operador conocido como *Bicing*, con más de 100.000 usuarios y una flota de 7.000 vehículos (Soriguera y Jiménez-Meroño, 2020). Debido a la ordenanza emitida por el Ayuntamiento en abril de 2018, hoy en día las empresas de patinetes eléctricos tienen prohibido explícitamente operar dentro de los límites de la ciudad, por lo que el estudio se centra en los usuarios de patinetes eléctricos privados. Además, las respuestas a la encuesta se limitaron a personas que vivían y/o trabajaban en Barcelona y que tenían 16 años o más, la edad mínima permitida para conducir un patinete eléctrico y/o la bicicleta compartida.

La recogida de datos se hizo mediante entrevistas a pie de calle con la ayuda de *tablets* (método CAPI, *computer-assisted personal interviewing*) durante la segunda quincena de septiembre de 2020. En total, se realizaron 651 encuestas a personas usuarias de BSS y de patinete eléctrico. La encuesta, de aproximadamente 10-15 minutos de duración, incluía preguntas sobre características sociodemográficas, información básica, uso de los sistemas de transporte, relación con otros modos y uso del espacio público y movilidad. Para verificar que las personas encuestadas eran usuarias de vehículos de micromovilidad, todas ellas fueron interceptadas justo antes, durante o después de un viaje en patinete o en BSS.

Las variables clave analizadas son la frecuencia de uso,

el género, la edad, la situación profesional, el nivel educativo y el lugar de residencia. También se tienen en cuenta cuestiones relacionadas con la finalidad del viaje, el origen de la demanda, el nivel de satisfacción de los usuarios, los motivos del cambio a los modos de micromovilidad y la frecuencia de uso de otros medios de transporte.

IV. RESULTADOS

Los resultados se agrupan en cinco ámbitos. El primero presenta la caracterización del perfil sociodemográfico de los

usuarios y los cuatro siguientes analizan los desplazamientos: los motivos que los generan, el origen de la demanda, los niveles de satisfacción de los usuarios y las razones del cambio de modo de transporte.

1. Características sociodemográficas de los usuarios

La mayoría de los encuestados declara utilizar un vehículo de micromovilidad a diario (70,4 por 100), con diferencias significativas entre los usuarios de patinete eléctrico (82,5 por 100) y de BSS (58 por 100) (cuadro n.º 1).

Los hombres representan casi seis de cada diez usuarios (59 por 100), siendo el desequilibrio de género especialmente alto en el patinete eléctrico (el 63,9 por 100 son hombres). En cuanto al grupo de edad, más del 60 por 100 de los encuestados son menores de 34 años. Aunque no se muestran diferencias significativas entre modalidades, los mayores de 45 años son más propensos a utilizar BSS (18,8 por 100) que patinete, eléctrico (10,8 por 100). En cuanto a la situación profesional, la gran mayoría son empleados (patinete eléctrico, 78,2 por 100; BSS 66,5 por 100). Sin

CUADRO N.º 1

CARACTERÍSTICAS SOCIODEMGRÁFICAS Y FRECUENCIA DE USO DE LOS USUARIOS DE PATINETE ELÉCTRICO Y DE SISTEMA DE BICICLETA COMPARTIDA (BSS)

	TOTAL USUARIOS %	USUARIOS PATINETE ELÉCTRICO %	USUARIOS BSS %
	(N=651)	(N=326)	(N=325)
Frecuencia de uso (Chi-cuadrado de Pearson = 46.445)			
Diaria	70,4	82,5*	58,2*
Semanal	20,9	12,0*	29,8*
Ocasional	8,8	5,5*	12,0*
Género (Chi-cuadrado de Pearson = 6.306)			
Mujer	41,0	36,1**	45,8**
Hombre	59,0	63,9**	54,2**
Edad (Chi-cuadrado de Pearson = 16.180)			
16-24 años	33,4	33,2	33,5
25-34 años	32,6	32,0	33,2
35-44 años	19,2	24,0*	14,5*
45-55 años	9,4	7,7	11,1
Más de 55 años	5,4	3,1*	7,7*
Situación laboral (Chi-cuadrado de Pearson = 18.146)			
Ocupado/a	72,4	78,2*	66,5*
Desocupado/a	5,5	5,8	5,2
Estudiante	20,1	13,5*	26,8*
Jubilado/a y otros	2,0	2,5	1,5
Nivel de estudios (Chi-cuadrado de Pearson = 21.777)			
Hasta Primaria	8,3	9,8	6,9
Hasta Secundaria	42,2	50,5*	34,1*
Universidad y otros	49,5	39,7*	59,1*
Residencia (Chi-cuadrado de Pearson = 37.823)			
Barcelona	86,9	78,8*	95,1*
Otros	13,1	21,2*	4,9*

Nota: * = p < 0,001; ** = p < 0,05.

embargo, se muestran diferencias en la proporción de estudiantes que utilizan los BSS (26,8 por 100) y patinetes eléctricos (13,5 por 100). También existen contrastes con respecto al nivel educativo, mientras el 39,7 por 100 de los usuarios de patinete eléctrico ha terminado sus estudios universitarios, este porcentaje se eleva al 59,1 por 100 en el caso de los usuarios de BSS. Por último, existen también diferencias en el lugar de residencia: un 78,8 por 100 de usuarios de patinete eléctrico viven dentro de los límites administrativos de la ciudad, frente al 95,1 por 100 en el caso de los usuarios de BSS.

2. Propósitos de desplazamiento y dinámicas de género

Dada la rápida proliferación de dispositivos de micromovilidad en las ciudades, es importante comprender por qué motivos se utilizan estos nuevos medios. En términos generales, el 65,3 por 100 son desplazamientos profesionales (trabajo o estudios). El ocio y las visitas a los amigos y los viajes relacionados con la familia, los personales y los relacionados con los cuidados motivan alrededor de un tercio de los desplazamientos. Sobre este mismo porcentaje (33,3 por 100) utiliza la micromovilidad indistintamente para cualquier tipo de actividad.

Las diferencias en el propósito del viaje varían según el tipo de vehículo y el género. Tres fenómenos son especialmente relevantes. En primer lugar, el alto porcentaje de usuarios que declaran utilizar el patinete eléctrico en sus desplazamientos laborales, especialmente las mu-

CUADRO N.º 2

PORCENTAJE DE USUARIOS DE PATINETE ELÉCTRICO Y DE SISTEMA DE BICICLETA COMPARTIDA (BSS) SEGÚN EL PROPÓSITO DE DESPLAZAMIENTO Y EL GÉNERO

	PATINETE ELÉCTRICO		BSS	
	MUJER (%)	HOMBRE (%)	MUJER (%)	HOMBRE (%)
Ocupacional				
Trabajo	70,1	58,0	41,2	33,7
Estudios	11,1	12,1	12,2	20,0
Personal				
Personal o del cuidado	31,6	26,6	23,0	40,6
Visitas y ocio	24,8	30,0	33,1	41,7
Compras	14,5	10,1	7,4	15,4
Otros				
Acceso a transporte público	7,7	4,3	3,4	8,0
Uso indistinto	19,7	32,4	41,9	36,6

Nota: La suma de los porcentajes exceden el 100 por 100 al no ser excluyentes entre ellos los motivos de desplazamiento.

jes (81,2 por 100). En segundo lugar, la enorme diferencia existente entre los hombres y las mujeres que utilizan el BSS en sus desplazamientos personales: un 96 por 100 de los hombres frente a un 62,8 por 100 de las mujeres. En tercer lugar, el alto porcentaje de usuarios de BSS que la utilizan indistintamente por cualquier motivo. En este caso, las mujeres muestran cifras especialmente elevadas (41,9 por 100).

3. Sustitución modal y satisfacción con el nuevo modo de transporte

Una cuestión especialmente relevante para el estudio de la micromovilidad en las ciudades es el origen modal de los nuevos usuarios. Para entender de dónde procede la demanda de micromovilidad, la parte izquierda del gráfico 1 muestra el modo de transporte que los usuarios de patinete eléctrico y de bicicleta compartida utilizaban antes. En

general, el 57,3 por 100 de los usuarios actuales proceden de modos públicos y el 34,8 por 100 de modos activos. Solo el 7,1 por 100 utilizaban modos privados.

Por tipo de vehículo, las mayores transferencias se dan entre el metro y el BSS (44,1 por 100) y entre el metro y el patinete eléctrico (41,7 por 100). El desplazamiento a pie es el segundo modo de transporte que más se ha abandonado en favor del BSS (25,5 por 100) y del patinete eléctrico (18,5 por 100). En cuanto a los modos privados, existe una ligera diferencia entre los usuarios de patinete eléctrico y los de BSS. Mientras que más del 10 por 100 de los usuarios de patinete eléctrico proceden de modos privados, este porcentaje es solo el 3,4 por 100 entre los usuarios de BSS.

En cuanto a la satisfacción con el nuevo modo de desplazamiento, la parte derecha del gráfico 1 ilustra la satisfacción

de los usuarios en relación con su anterior medio de transporte. Los resultados revelan cómo los que proceden de los modos públicos muestran mayores niveles de satisfacción con los nuevos modos que los procedentes de los modos privados: mientras casi todos los antiguos usuarios de transporte público declaran haber mejorado su satisfacción con el nuevo modo de transporte, entre los antiguos usuarios de vehículo privado existe un ligero porcentaje de usuarios insatisfechos con el cambio (19,1 por 100). Por su parte, los antiguos

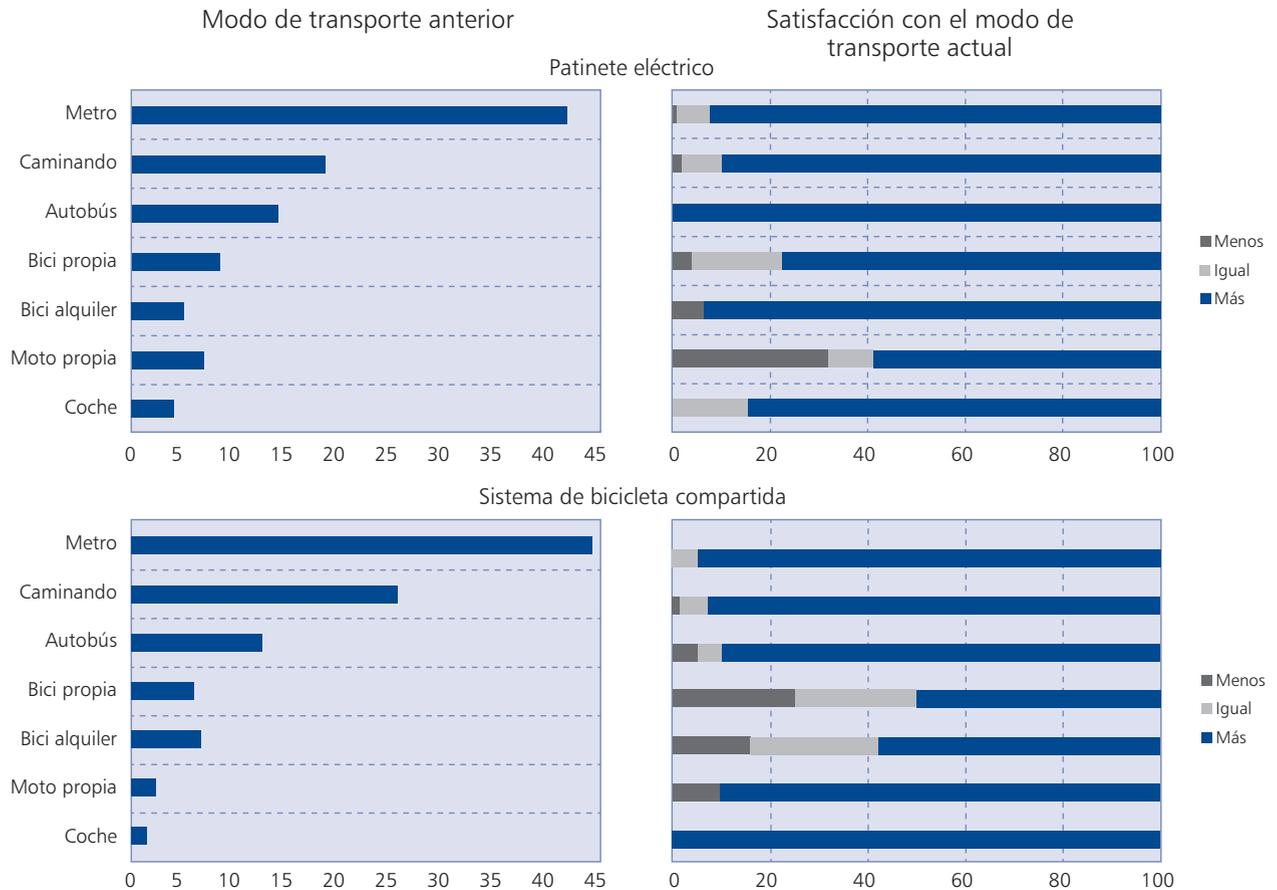
usuarios de modos de transporte activos parecen estar más satisfechos con su nuevo modo de transporte, aunque no tanto como los usuarios procedentes de los modos públicos. Así, por ejemplo, el 89,8 por 100 de los antiguos usuarios a pie declaran que el patinete eléctrico les resultaba más satisfactorio.

4. Razón del cambio modal

Cuando se les pregunta por el motivo de su elección modal (gráfico 2), los usuarios de pa-

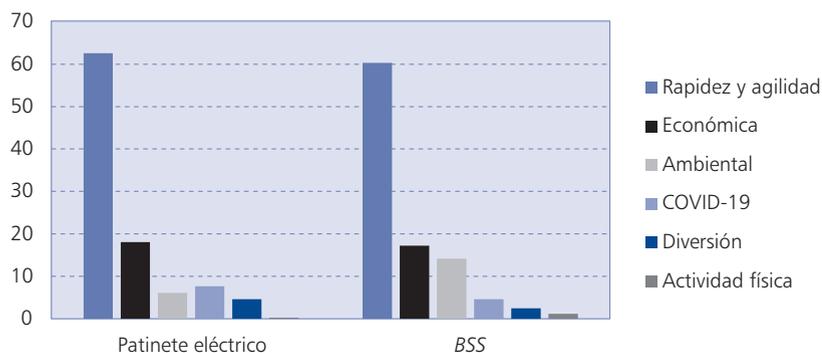
tinete eléctrico y los de BSS señalan principalmente la facilidad de uso, la agilidad y la velocidad (61,4 por 100). A continuación, el ahorro de dinero obtiene una puntuación similar tanto en los usuarios de patinete eléctrico (18,1 por 100) como entre los de BSS (17,2 por 100). Por el contrario, el porcentaje de usuarios de BSS que señalan razones medioambientales para justificar su elección modal (14,2 por 100), es el doble que el de usuarios de patinete eléctrico (6,1 por 100).

GRÁFICO 1
MODO DE TRANSPORTE DE ORIGEN Y NIVELES DE SATISFACCIÓN CON EL ACTUAL VEHÍCULO DE MICROMOVILIDAD (En porcentaje)



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 2
MOTIVO DEL CAMBIO A PATINETE ELÉCTRICO O A SISTEMA DE BICICLETA COMPARTIDA (BSS)
(En porcentaje)



Fuente: Elaboración propia.

V. DISCUSIÓN

La comprensión del uso de cualquier modo de transporte urbano requiere de un análisis que incluya una radiografía descriptiva de la tipología de usuario y de los motivos individuales que generan su utilización, por un lado, y sus interacciones con el entorno construido, por el otro. Esta doble comprensión es aún más necesaria cuando se trata de unos medios de transportes nuevos en las ciudades, como son los que se tratan en este estudio.

1. Perfiles y usos

El análisis del perfil de usuario de vehículos de micromovilidad en Barcelona muestra que son mayoritariamente hombres jóvenes, urbanos y con un alto nivel de estudios. La masculinización en el uso de vehículos de micromovilidad es un fenómeno común a otras muchas ciudades, como Nueva York (Estados Unidos) (Reilly, Noyes y Crossa, 2020), Gdansk (Polonia) (Bielinski y Wazna, 2020) o Passo Fundo

(Brasil) (Sardi *et al.*, 2019). Una explicación plausible para entender esta brecha de género podría ser que las mujeres tienen mayor aversión al riesgo y son más sensibles a los problemas de seguridad en los entornos urbanos (Sanders, Branion-Calles y Nelson, 2020). En ciudades como Barcelona, donde la red de carriles bici aún es demasiado fragmentada, la sensación de inseguridad, respecto a otros modos de transporte, se multiplica para las mujeres. Esta relación entre hombres y riesgo, se acentúa en el patinete eléctrico, asociado a mayor accidentalidad. Según Arellano y Fang (2019), los hombres usuarios de patinete eléctrico conducen más rápido que sus homólogas femeninas, siendo esta diferencia particularmente pronunciada en las zonas peatonales. Teniendo en cuenta que en Barcelona la mayoría de los peatones son mujeres (Maciejewska, Marquet y Miralles-Guasch, 2019; Marquet y Miralles-Guasch, 2015) y que la mayoría de los usuarios de patinete eléctrico son hombres, la adopción de la micromovilidad electrificada puede estar cam-

biando el uso y la percepción de la seguridad en el espacio público, desafiando patrones establecidos en su uso y creando conflictos que afecten especialmente a los grupos sociales más vulnerables (Fitt y Curl, 2020). En este sentido, los datos muestran que, además de la diferencia en el género, el uso de vehículos de micromovilidad lleva asociado una brecha generacional. Debido a cuestiones vinculadas con la salud y las condiciones físicas (por ejemplo, problemas de postura o pérdidas de equilibrio) Johnson y Rose (2015), los adultos mayores muestran una mayor aversión a la adopción de vehículos de micromovilidad y una menor predisposición al uso de tecnologías asociadas a este (Campisi *et al.*, 2020). La existencia de brechas tan pronunciadas pone en duda cuestiones sobre la accesibilidad real de estos vehículos y su potencial para contribuir a la justicia en el transporte, especialmente en el caso del patinete eléctrico (Bielinski y Wazna, 2020; Spinney, 2020).

Una aproximación al perfil socioeconómico de los usuarios de la micromovilidad la ofrece el nivel educativo. En Barcelona, el menor nivel de los usuarios de patinete en relación a los de bicicleta hace que los perfiles socioeconómicos sean más diversos que en otras ciudades (Soltani *et al.*, 2019; Xin *et al.*, 2018). Una de las razones de esta diversidad podría ser la menor oferta de estaciones de bicicleta compartida en barrios de menor renta (Dill, McNeil y Howland, 2019). Otra razón podría estar relacionada con la prohibición de patinetes de uso compartido que existe en Barcelona, una normativa que solo permite circular a los patinetes privados. Esta situación hace que, a diferencia de otras ciuda-

des, el uso del patinete eléctrico no esté sujeto a un *smartphone*, a la descarga de una *app* o al pago a través de una tarjeta de crédito/débito. La eliminación de estas barreras tecnológicas, asociadas a las rentas más desfavorecidas, ha acelerado la introducción del patinete eléctrico privado entre las personas con menor nivel educativo (Jacovkis, Montes y Manzano, 2020).

Los no residentes en Barcelona confían mucho más en el patinete eléctrico que en el BSS para moverse dentro de los límites de la ciudad. La explicación reside en el diferente alcance territorial de uno y otro vehículo. Si bien es cierto que el patinete no puede recorrer largas distancias, su pequeño tamaño, junto con su ligereza, flexibilidad y facilidad de transporte hacen que sea una opción multimodal atractiva junto al transporte público. Dada la importancia de los transportes públicos en la movilidad metropolitana de Barcelona, las sinergias resultantes crean un grado de acceso, velocidad, comodidad y alcance espacial que puede llegar a competir con los vehículos privados motorizados (Kager, Bertolini y Brömmelstroet, 2016).

Es evidente que el tiempo es un factor determinante en la elección modal, estrechamente ligado a los motivos que generan los desplazamientos (Delclòs-Alió y Miralles-Guasch, 2017). En las actividades laborales, donde la gestión del tiempo es especialmente importante, la variabilidad y la incertidumbre del viaje puede crear ansiedad asociada al miedo de llegar tarde (Costa *et al.*, 1988). En el caso de los BSS, donde el usuario no tiene la total certeza de poder acceder a un vehículo cuando lo necesite, ya que

en algunas partes de la ciudad hay más demanda que oferta, el tiempo de desplazamiento puede hacerse imprevisible. Esto explicaría que gran parte de los usuarios de BSS confíen en otros modos de transporte en sus desplazamientos al trabajo. Sin embargo, la naturaleza privada del patinete eléctrico elimina la incertidumbre derivada de la posible falta de oferta (De Witte *et al.*, 2013), lo que explicaría su mayor uso en los motivos laborales, reforzado por la topografía, el clima de la ciudad y el grado de esfuerzo físico requerido en los desplazamientos. La escasa adaptación de los centros de trabajo a la cultura de la bicicleta, sin espacios de duchas, secadores o taquillas, contribuye a desincentivar su uso y a aumentar el de los patinetes eléctricos, que requieren menos esfuerzo (Hipp *et al.*, 2017; Zhu *et al.*, 2020). Más allá de los desplazamientos por motivos laborales, los motivos personales están asociados a un mayor uso de la proximidad (Marquet y Miralles-Guasch, 2014) y permite una gestión del tiempo algo más relajada, lo que se refleja en un mayor uso del BSS. Por el contrario, en los esquemas de movilidad personal, asociados a mayor complejidad espacial (Scheiner y Holz-Rau, 2017), desplazarse con un patinete eléctrico privado puede verse como una carga.

2. Implicaciones ambientales y sociales

A pesar de que la integración de nuevos dispositivos de movilidad tiene como objetivo reducir el uso del vehículo privado (Feng *et al.*, 2020; Hardt y Bogenberger, 2019; The Nunatak Group, 2019), en Barcelona la mayoría de los nuevos usuarios de vehícu-

los compartidos y eléctricos son usuarios del transporte público y de modos activos. Esta realidad tiene consecuencias en varias direcciones. Por un lado, desde el punto de vista ambiental, esta realidad sugiere que, aunque es posible una ligera reducción de la congestión del tráfico, de la contaminación atmosférica y acústica y del consumo de energía (DeMaio, 2009; Shaheen *et al.*, 2011), de momento el potencial es bajo. Por otro lado, este cambio modal también tiene implicaciones en términos de salud, en relación al uso de medios eléctricos (Milakis *et al.*, 2020). Aunque es prematuro afirmar qué consecuencias directas puede tener (Ognissanto *et al.*, 2018), sí que parece que el uso del patinete eléctrico disminuye más la actividad física que el uso de la bicicleta compartida. Por último, desde un punto de vista social existen consecuencias sobre el espacio público, en la medida que empieza a existir una saturación de la infraestructura ciclista, desbordada con el uso tanto de bicicletas como de patinetes eléctricos, y un aumento de conflictos en las aceras, lo que acelera el proceso de sustracción de espacio y derechos del peatón, el actor más débil de la vía pública (Creutzig *et al.*, 2019; Koglin, 2020).

VI. CONCLUSIÓN

En Barcelona, los modos de micromovilidad son más populares entre los hombres jóvenes, empleados y con altos niveles de educación. Esto es especialmente cierto en el caso del patinete eléctrico, cuya introducción podría aumentar la brecha de género y excluir a la población de mayor edad. Estos resultados pueden considerarse similares a los de otras ciudades. Sin em-

bargo, una de las diferencias que aporta la ciudad de Barcelona es la mayor diversidad socioeconómica, pues el perfil de los usuarios de BSS y de patinetes eléctricos es distinto. Un elemento que resulta preocupante del estudio de Barcelona es que los modos de micromovilidad no estén absorbiendo a los usuarios del coche, sino a los del transporte público y los modos activos. En términos de salud, la adopción de vehículos como los patinetes eléctricos podría estar provocando una disminución de la actividad física diaria, cuestión que deberá ser abordada en futuras investigaciones. En cuanto a la ocupación del espacio público, el aumento de usuarios de micromovilidad estaría añadiendo aún más presión a este recurso limitado. Sin embargo, no todos los modos de micromovilidad se utilizan de la misma manera. Estas conclusiones plantean retos para la planificación de la movilidad urbana en lo que se refiere a los distintos grupos sociales, sobre todo en clave de género y edad, y pone en duda el potencial de la micromovilidad en la lucha contra las emisiones de CO₂.

BIBLIOGRAFÍA

- AMPUDIA-RENUNCIÓ, M., GUIRAO, B. y MOLINA-SÁNCHEZ, R. (2018). The impact of free-floating carsharing on sustainable cities: analysis of first experiences in Madrid with the university campus. *Sustainable Cities and Society*, 43, pp. 462-475. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.09.019>
- ARELLANO, J. F. y FANG, K. (2019). Sunday Drivers, or Too Fast and Too Furious? *Transport Findings*, December. <https://doi.org/10.32866/001c.11210>
- BECKER, S. y RUDOLF, C. (2018). Exploring the potential of free cargo-bikesharing for sustainable mobility. *Gaia*, 27(1), pp. 156-164. <https://doi.org/10.14512/gaia.27.1.11>

- BIELINSKI, T. y WAZNA, A. (2020). Electric Scooter Sharing and Bike Sharing User Behaviour and Characteristics. *Sustainability*, 12, pp. 1-13.
- BRUSTEIN, J. (2018). *Are Electric Scooters The Future Of Urban Transport?* Bloomberg. <https://www.bloombergquint.com/technology/are-electric-scooters-the-future-of-urban-transport-quicktake>
- BURGHARD, U. y DÜTSCHKE, E. (2019). Who wants shared mobility? Lessons from early adopters and mainstream drivers on electric carsharing in Germany. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 71, pp. 96-109. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.11.011>
- CAMPISI, T., AKGÜN, N., TICALI, D. y TESORIERE, G. (2020). Exploring public opinion on personal mobility vehicle use: A case study in Palermo, Italy. *Sustainability (Switzerland)*, 12(13). <https://doi.org/10.3390/su12135460>
- CHANG, A. Y., MIRANDA-MORENO, L., CLEWLOW, R. y SUN, L. (2019). *Trend or Fad? Deciphering the Enablers of Micromobility in the U.S.* (Issue July).
- CHEN, Z., VAN LIEROP, D. y ETTEMA, D. (2020). Exploring dockless bikeshare usage: A case study of Beijing, China. *Sustainability (Switzerland)*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/su12031238>
- CHORUS, C. G. y DELLAERT, B. G. C. (2012). Travel Choice Inertia The Joint Role of Risk Aversion and Learning. *Journal of Transport Economics and Policy*, 46, pp. 139-155.
- CLEWLOW, R., FOTI, F. y SHEPARD-OHTA, T. (2018). Measuring Equitable Access to New Mobility: A Case Study of Shared Bikes and Electric Scooters. *Populus Report*. Populus.ai https://research.populus.ai/reports/Populus_MeasuringAccess_2018-Nov.pdf
- CREUTZIG, F., FRANZEN, M., MOECKEL, R., HEINRICH, D., NAGEL, K., NIELAND, S. y WEISZ, H. (2019). Leveraging digitalization for sustainability in urban transport. *Global Sustainability*, 2, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1017/sus.2019.11>

- DE VOS, J. (2019). Satisfaction-induced travel behaviour. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 63, pp. 12-21. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2019.03.001>
- DE WITTE, A., HOLLEVOET, J., DOBRUSZKES, F., HUBERT, M. y MACHARIS, C. (2013). Linking modal choice to motility: A comprehensive review. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 49, pp. 329-341. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2013.01.009>
- DELCLÒS-ALIÓ, X. y MIRALLES-GUASCH, C. (2017). Suburban travelers pressed for time: Exploring the temporal implications of metropolitan commuting in Barcelona. *Journal of Transport Geography*, 65, pp. 165-174. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2017.10.016>
- DEMAIO, P. (2009). Bike-sharing: History, Impacts, Models of Provision, and Future. *Journal of Public Transportation*, 12(4), pp. 41-56. <https://doi.org/10.5038/2375-0901.12.4.3>
- DILL, J., MCNEIL, N. y HOWLAND, S. (2019). Effects of peer-to-peer carsharing on vehicle owners' travel behavior. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 101, pp. 70-78. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2019.02.007>
- FELIPE-FALGAS, P., MADRID, C. y MARQUET, O. (2021). Assessing Micromobility Environmental Performance Using LCA and Self-reported Modal Change. The Case of Shared e-bikes, e-scooters, and e-mopeds in Barcelona. *Sustainability (Switzerland)*, Forthcoming.
- FENG, C., JIAO, J. y WANG, H. (2020). Estimating E-Scooter Traffic Flow Using Big Data to Support Planning for Micromobility. *Journal of Urban Technology*, December. <https://doi.org/10.1080/10630732.2020.1843384>
- FISHMAN, E. (2016). Bikeshare: A Review of Recent Literature. *Transport Reviews*, 36, pp. 92-113. <https://doi.org/10.1080/01441647.2015.1033036>

<p>FISHMAN, E., WASHINGTON, S. y HAWORTH, N. (2013). Bike Share: A Synthesis of the Literature. <i>Transport Reviews</i>, 33(2), pp. 148-165. https://doi.org/10.1080/01441647.2013.775612</p> <p>FITT, H. y CURL, A. (2020). The early days of shared micromobility: A social practices approach. <i>Journal of Transport Geography</i>, 86, 102779. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102779</p> <p>GALATOULAS, N.-F., GENIKOMSAKIS, K. N. e IOAKIMIDIS, C. S. (2020). Spatio-Temporal Trends of E-Bike Sharing System Deployment: A Review in Europe, North America and Asia. <i>Sustainability</i>. https://doi.org/10.3390/su12114611</p> <p>GARCÍA-SIERRA, M., BERGH, J. C. VAN DEN, J. M. y MIRALLES-GUASCH, C. (2015). Behavioural economics , travel behaviour and environmental-transport policy. <i>Transportation Research Part D</i>, 41, pp. 288-305. https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.09.023</p> <p>HARDT, C. y BOGENBERGER, K. (2019). Usage of e-Scooters in Urban Environments. <i>Transportation Research Procedia</i>, 37, pp. 155-162. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.178</p> <p>HIPP, J. A., DODSON, E. A., LEE, J. A., MARX, C. M., YANG, L., TABAK, R. G., HOEHNER, C., MARQUET, O. y BROWNSON, R. C. (2017). Mixed methods analysis of eighteen worksite policies, programs, and environments for physical activity. <i>International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity</i>, 14(1), pp. 1-10. https://doi.org/10.1186/s12966-017-0533-8</p> <p>HOLLINGSWORTH, J., COPELAND, B. y JOHNSON, J. X. (2019). Are e-scooters polluters ? The environmental impacts of shared dockless electric scooters Are e-scooters polluters? The environmental impacts of shared dockless electric scooters. <i>Environmental Research Letters</i>, 14(8), 084031.</p> <p>IDESCAT (2020). <i>Idescat. The municipality in figures</i>. Barcelona. https://www.idescat.cat/emex?id=080193&lang=en</p> <p>JACOVKIS, J., MONTES, A. y MANZANO, M. (2020). Imaginando futuros</p>	<p>distintos. Los efectos de la desigualdad sobre las transiciones hacia la educación secundaria posobligatoria en la ciudad de Barcelona. <i>Papers. Revista de Sociologia</i>, 105(2), p. 279. https://doi.org/10.5565/rev/papers.2773</p> <p>JIAO, J. y BAI, S. (2020). Understanding the Shared E-scooter Travels in Austin, TX. <i>International Journal of Geo-Information</i>, 9(2), p. 135. https://doi.org/10.3390/ijgi9020135</p> <p>JOHNSON, M. y ROSE, G. (2015). Extending life on the bike: Electric bike use by older Australians. <i>Journal of Transport and Health</i>, 2(2), pp. 276-283. https://doi.org/10.1016/j.jth.2015.03.001</p> <p>KAGER, R., BERTOLINI, L. y BRÖMMELSTROET, M. Te. (2016). Characterisation of and reflections on the synergy of bicycles and public transport. <i>Transportation Research Part A</i>, 85, pp. 208-219. https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.01.015</p> <p>KOGLIN, T. (2020). Spatial dimensions of the marginalisation of cycling – marginalisation through rationalisation? In <i>The politics of cycling infrastructure: Spaces and (in)equality</i>, pp. 55-71. Policy Press.</p> <p>LAA, B. y LETH, U. (2020). Survey of E-scooter users in Vienna: Who they are and how they ride. <i>Journal of Transport Geography</i>, 89, 102874. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102874</p> <p>LI, W., y KAMARGIANNI, M. (2018). Providing quantified evidence to policy makers for promoting bike-sharing in heavily air-polluted cities: A mode choice model and policy simulation for Taiyuan-China. <i>Transportation Research Part A: Policy and Practice</i>, 111, pp. 277-291. https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.01.019</p> <p>LIAO, F. y CORREIA, G. (2020). Electric carsharing and micromobility: A literature review on their usage pattern, demand, and potential impacts. <i>International Journal of Sustainable Transportation</i>, pp. 1-30. https://doi.org/10.1080/15568318.2020.1861394</p> <p>MACIEJEWSKA, M., MARQUET, O. y MIRALLES-GUASCH, C. (2019). Changes in</p>	<p>gendered mobility patterns in the context of the Great Recession. <i>Journal of Transport Geography</i>, 79, 102478. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2019.102478</p> <p>MARQUET, O. y MIRALLES-GUASCH, C. (2014). The use of proximity in Barcelona. An analysis through daily trvale times. <i>Ciudades</i>, 17(1), pp. 99-120.</p> <p>MARQUET, O. y MIRALLES-GUASCH, C. (2015). The Walkable city and the importance of the proximity environments for Barcelona's everyday mobility. <i>Cities</i>, 42(PB), pp. 258-266. https://doi.org/10.1016/j.cities.2014.10.012</p> <p>MARSHALL, A. (2018). <i>2018 Was the Year of the Scooter. What Happens Now? WIRED</i>. Wired. https://www.wired.com/story/2018-year-of-the-scooter-what-happens-2019/</p> <p>McKENZIE, G. (2019). Spatiotemporal comparative analysis of scooter-share and bike-share usage patterns in Washington, D.C. <i>Journal of Transport Geography</i>, 78, pp. 19-28. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2019.05.007</p> <p>MILAKIS, D., GEBHARDT, L., EHEBRECHT, D. y LENZ, B. (2020). Is micro-mobility sustainable? An overview of implications for accessibility, air pollution, safety, physical activity and subjective wellbeing. <i>Handbook of Sustainable Transport</i>.</p> <p>MIRALLES-GUASCH, C., MARTÍNEZ MELO, M. y MARQUET SARDA, O. (2014). On user perception of private transport in Barcelona Metropolitan area: An experience in an academic suburban space. <i>Journal of Transport Geography</i>, 36, pp. 24-31. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.02.009</p> <p>NACTO (2019). <i>Bike Share. Station Siting Guide</i>. https://nacto.org/wp-content/uploads/2016/04/NACTO-Bike-Share-Siting-Guide_FINAL.pdf</p> <p>NIEUWENHUIJSEN, M., y KHREIS, H. (2019). <i>Integrating Human Health into Urban and Transport</i>. Springer International Publishing. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-74983-9</p> <p>OGNISSANTO, F., HOPKIN, J., STEVENS, A., MILLARD, K. y JONES, M. (2018).</p>
--	--	--

<p><i>Innovative active travel solutions and their evaluation</i>. TRL Limited. Crowthorne House, Nine Mile Ride. Wokingham, Berkshire United Kingdom. http://worldcat.org/isbn/9781912433650</p> <p>ORY, D. T. y MOKHTARIAN, P. L. (2009). Modeling the structural relationships among short-distance travel amounts, perceptions, affections and desires. <i>Transportation Research Part A</i>, 43(1), pp. 26-43. https://doi.org/10.1016/j.tra.2008.06.004</p> <p>PARKES, S. D., MARSDEN, G., SHAHEEN, S. A. y COHEN, A. P. (2013). Understanding the diffusion of public bikesharing systems: Evidence from Europe and North America. <i>Journal of Transport Geography</i>, 31, pp. 94-103. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2013.06.003</p> <p>PBOT (2018). <i>E-Scooter Pilot User Survey Results</i>. https://www.portlandoregon.gov/transportation/article/700916</p> <p>POLIS (2019). <i>Macro managing Micro mobility. Taking the long view on short trips</i>.</p> <p>REILLY, K. H., NOYES, P. y CROSSA, A. (2020). From non-cyclists to frequent cyclists: Factors associated with frequent bike share use in New York City. <i>Journal of Transport and Health</i>, 16, 100790. https://doi.org/10.1016/j.jth.2019.100790</p> <p>SANDERS, R. L., BRANION-CALLES, M. y NELSON, T. A. (2020). To scoot or not to scoot: Findings from a recent survey about the benefits and barriers of using E-scooters for riders and non-riders. <i>Transportation Research Part A: Policy and Practice</i>, 139, pp. 217-227. https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.07.009</p> <p>SARDI, P., DUTRA, R., MACKE, J. y SARATE, J. (2019). Green, but not as green as that: An analysis of a Brazilian bike-sharing system. <i>Journal of Cleaner Production</i>, 217, pp. 185-</p>	<p>193. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.240</p> <p>SCHNEIDER, J. y HOLZ-RAU, C. (2017). Women's complex daily lives: a gendered look at trip chaining and activity pattern entropy in Germany. <i>Transportation</i>, 44(1), pp. 117-138. https://doi.org/10.1007/s11116-015-9627-9</p> <p>SEMENOV, A. (2017). <i>Why Will Micro Mobility Industry Make the Future?</i> Medium. https://medium.com/@Splyt/why-will-micro-mobility-industry-make-the-future-1b0a628ae3d0</p> <p>SETTERFIELD, B. R. (2016). <i>Bike Share Equity Strategies: Successes and Failures</i>. Masters Terminal Project. Community and Regional Planning. PPPM, University of Oregon.</p> <p>SHAHEEN, S. y COHEN, A. (2019). <i>Shared Micromobility Policy Toolkit. Docked and Dockless bike and scooter sharing</i>. https://doi.org/10.7922/G2TH8JW7</p> <p>SHAHEEN, S., ZHANG, H., MARTÍN, E. y GUZMÁN, S. (2011). China's Hangzhou Public Bicycle: Understanding early adoption and behavioral response to bikesharing. <i>Transportation Research Record</i>, 2247, pp. 33-41. https://doi.org/10.3141/2247-05</p> <p>SHENG, N., ZHOU, X. y ZHOU, Y. (2016). Total Environmental impact of electric motorcycles: Evidence from traffic noise assessment by a building-based data mining technique. <i>Science of The Total Environment</i>, 554-555, pp. 73-82. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.02.148</p> <p>SMITH, O. (2017). Commute well-being differences by mode: Evidence from Portland, Oregon, EE.UU. <i>Journal of Transport and Health</i>, 4, pp. 246-254. https://doi.org/10.1016/j.jth.2016.08.005</p> <p>SOLTANI, A., ALLAN, A., ANH NGUYEN, H. y BERRY, S. (2019). Bikesharing</p>	<p>experience in the city of Adelaide: Insight from a preliminary study. <i>Case Studies on Transport Policy</i>, 7(2), pp. 250-260. https://doi.org/10.1016/j.cstp.2019.01.001</p> <p>SORIGUERA, F. y JIMÉNEZ-MEROÑO, E. (2020). A continuous approximation model for the optimal design of public bike-sharing systems. <i>Sustainable Cities and Society</i>, Gener 2020, vol. 52, p. 101826-1-101826-19. https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101826</p> <p>SPINNEY, J. (2020). <i>Understanding urban cycling: exploring the relationship between mobility, sustainability and capital</i>. Routeledge.</p> <p>THE NUNATAK GROUP (2019). <i>New Urban Mobility</i>. https://www.nunatak.com/en/topics/new-urban-mobility</p> <p>VELÁSQUEZ, J. M. y EISENBEISS, K. (2015). Emergence of Electric-Powered Two-Wheelers on Asian Roads. <i>Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board</i>, 2503(1), pp. 147-152. https://doi.org/10.3141/2503-16</p> <p>WEISS, M., DEKKER, P., MORO, A., SCHOLZ, H. y PATEL, M. K. (2015). On the electrification of road transportation – A review of the environmental, economic, and social performance of electric. <i>Transportation Research Part D</i>, 41, pp. 348-366. https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.09.007</p> <p>XIN, F., CHEN, Y., WANG, X. y CHEN, X. (2018). Cyclist satisfaction evaluation model for free-floating bike-sharing system: A case study of Shanghai. <i>Transportation Research Record</i>, 2672(31), pp. 21-32. https://doi.org/10.1177/0361198118770193</p> <p>ZHU, R., ZHANG, X., KONDOR, D., SANTI, P. y RATTI, C. (2020). Understanding spatio-temporal heterogeneity of bike-sharing and scooter-sharing mobility. <i>Computers, Environment and Urban Systems</i>, 81, 101483. https://doi.org/10.1016/j.compenvurb.2020.101483</p>
---	--	--

Resumen

El crecimiento de las ciudades orientadas al automóvil está planteando nuevos problemas de salud urbana derivados del aumento de la contaminación asociada a la movilidad. Esto exige respuestas rápidas para crear entornos sostenibles desde el punto de vista medioambiental. Las zonas de bajas emisiones son una opción sencilla y económica, pero algunas han sido cuestionadas en cuanto a su eficacia. En este artículo analizamos como caso de estudio Madrid Central, revisando su efectividad en la reducción de contaminantes y analizando su papel como estandarte de la lucha ciudadana por la mejora de la salud urbana.

Palabras clave: Madrid Central, zona de bajas emisiones, movilidad, salud urbana.

Abstract

The growth of car-oriented cities is posing new urban health problems arising from increased mobility-related pollution. This requires quick responses to create environmentally sustainable urban areas. Low emission zones are a simple and cost-effective option, but some have been questioned as to their effectiveness. This article analyzes the effectiveness of Madrid Central as a case study in terms of reducing pollutants and reviewing its role as a standard-bearer in the citizens' struggle to improve urban health.

Keywords: Madrid Central, low emissions zone, mobility, urban health.

JEL classification: L92, Q53, R59.

¿SON EFECTIVAS LAS ZONAS DE BAJAS EMISIONES? EL CASO DEL CENTRO DE MADRID

Irene LEBRUSÁN

*Grupo de Investigación Sociedad, Medio Ambiente y Territorio (UCM),
Instituto de Estudios de Género (UC3M) y
Cátedra «Agenda Urbana 2030 para el Desarrollo» (UVa)*

Jamal TOUTOUH

Universidad de Málaga y Massachusetts Institute of Technology

I. INTRODUCCIÓN

La concentración de población en las ciudades y el nuevo modelo de urbanización, más disperso, han provocado grandes cambios en la movilidad de personas y mercancías, incrementando el tráfico en las áreas urbanas. Por otra parte, el diseño urbano de la mayoría de las ciudades fomenta el uso del vehículo privado, en detrimento de otros usos y usuarios. Esta configuración espacial contribuye a la escasez de espacios públicos seguros, disminuyendo su disponibilidad para uso peatonal y desalentando el ejercicio físico (OMS, 2006): sumando la calzada y la zona de aparcamiento, el 60 por 100 de la superficie de la ciudad se destina a los vehículos (IDAE, 2019). La priorización del vehículo olvida la importancia que el contexto físico y espacial tiene sobre nuestra salud a lo largo de toda la vida (Phillipson, 2011; Wahl y Weisman, 2003), impidiendo que la calle pueda ser un espacio de juego (Tonucci, 2005; ONU, 1989) y poniendo en riesgo la integración social de las personas de edad avanzada (Lebrusán y Toutouh, 2019; 2020; 2021). Todo esto provoca una disminución del contacto intergeneracional y sus beneficios, limitando la creatividad de la

sociedad (Hagestad y Uhlenberg, 2006).

No obstante, el mayor problema asociado a estas *car-friendly cities* es el aumento del tráfico, que es la mayor fuente de emisiones contaminantes en el entorno urbano (Steele, 2001; Soni y Soni, 2016). Los contaminantes producidos por los motores de explosión y combustión de los vehículos afectan gravemente a la salud de la población y a su calidad de vida, reducen la esperanza de vida y aumentan la mortalidad (OMS, 2018; EEA, 2020) suponiendo, además, cuantiosos costes económicos. En España, por ejemplo, el coste anual asociado a la salud equivaldría entre un 1,7 y un 4,7 por 100 del producto interior bruto (Ecologistas en Acción, 2020).

La preocupación por este «asesino silencioso» (OMS, 2021b) empujó a la Comisión Europea (CE) a adoptar en 2013 el *Clean Air Policy Package* (basado en las Directivas 2008/50/EC y 2004/107/EC) donde se exige a los países miembros que reduzcan sus emisiones contaminantes bajo riesgo de cuantiosas multas. Así, los países de la Unión Europea (UE) han comenzado a implementar diferentes medidas orientadas a un cambio en la

concepción del diseño urbano y en la propia movilidad, siendo la mera reducción del tráfico en zonas urbanas la forma más económica y eficiente para abordar estas problemáticas.

Mientras que la peatonalización absoluta es cara y difícil de implementar, la creación de zonas de bajas emisiones (ZBE) son, a menudo, la medida más efectiva para reducir los tres principales contaminantes atmosféricos que preocupan en Europa: partículas finas ($PM_{2,5}$ y PM_{10}), dióxido de nitrógeno (NO_2) y ozono (O_3). En 2019, año previo a la pandemia, Europa contaba con cerca de 300 ZBE en unos doce países (*Umweltzonen* en Alemania; *Milieuzones* en los Países Bajos; la *Zone à Circulation Restreinte* en Francia; la *Lage-emissiezone* en Bélgica; varias *Clean Air Zones* en Inglaterra; la *Miljøzone* de Dinamarca; *Miljözon* en Suecia; la noruega *Lavutslippssone*, *Alacsony Kibocsátási Övezet* en Hungría; o la *ZTL ambiente* en Italia). En España, y si bien la reciente Ley 7/2021, de 20 de mayo, de Cambio Climático y Transición Energética obliga a todo municipio de más de 50.000 habitantes a tener espacios de bajas emisiones antes de 2023, solo dos municipios españoles tienen experiencia (aunque breve) en la aplicación de medidas para la reducción del tráfico: Barcelona y Madrid.

En este artículo se analiza la experiencia de Madrid, epicentro de diferentes polémicas y escenario entre 2018 y 2021 del diseño e implantación de tres zonas de bajas emisiones en el centro de la ciudad (Madrid Central [MC], más tarde Madrid 360, denominado en la actualidad distrito centro o zona de bajas

emisiones de especial protección –ZBEDEP distrito centro–), todas ellas con la intención de mejorar la calidad del aire, pero con distinta normativa y premisas.

Para analizar los resultados atmosféricos de esta ZBE y, por tanto, la efectividad de la medida, se considera un marco temporal de siete años (84 meses, desde diciembre de 2014 hasta noviembre de 2021) distinguiendo dos períodos: i) pre-MC, que serían los cuatro años anteriores a la creación y aplicación de MC, es decir, desde diciembre de 2013 hasta noviembre de 2018; y ii) pos-MC, que analiza el período de aplicación (aunque con matices) de la medida sobre movilidad, es decir, desde diciembre de 2018 a noviembre de 2021). Los datos comparados proceden del Portal de Datos Abiertos del Ayuntamiento de Madrid, que proporciona la concentración media horaria de varios contaminantes atmosféricos recogida través de diferentes sensores instalados en la ciudad. En este estudio nos centramos en cuatro: el dióxido de nitrógeno (NO_2), monóxido de carbono (CO), el dióxido de azufre (SO_2) y el ozono (O_3).

La estructura de este artículo recoge, en primer lugar, la descripción de los efectos del aire contaminado en la salud de las personas, el ecosistema natural y en la economía y las causas principales de su aumento en España. La sección tercera revisa los compromisos y normativas al respecto en los planos internacional y nacional, proponiendo las zonas de bajas emisiones como una forma de responder a dichas normativas. La sección cuarta analiza la conformación de MC y revisa su efectividad, tanto en lo que respecta a la

reducción en diversas emisiones contaminantes como su significación a nivel social. Por último, a modo de conclusión, se exponen una serie de reflexiones finales y se plantean una serie de medidas potenciales que podrían ayudar a reducir las emisiones y a mejorar las pautas de movilidad en las ciudades.

II. EL IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA: POR QUÉ ES IMPORTANTE SU REDUCCIÓN

El aire contaminado, al que está expuesto el 99 por 100 de la población (OMS, 2021b), causa cada año 4,2 millones de muertes en el mundo y ha demostrado ser carcinogénico incluso aislado de otras variables (Raaschou-Nielsen *et al.*, 2013). La exposición crónica a partículas finas es el sexto factor de riesgo para el total de muertes en el mundo (HEI, 2018). En la UE causó 307.000 muertes prematuras en 2019; otras 40.400 muertes se atribuyeron a la exposición crónica al dióxido de nitrógeno y 16.800 a la exposición aguda al ozono (EEA, 2021). También causa enfermedades respiratorias crónicas, reduce la capacidad pulmonar, agrava el asma y está asociado con enfermedades cardiovasculares y pulmonares crónicas. Provoca, además, infertilidad y diabetes tipo 2 en adultos, osteoporosis, conjuntivitis, influye sobre la obesidad, la inflamación sistémica, el aceleramiento del envejecimiento celular, demencia e, incluso, el alzhéimer (Bakalar, 2019). Afecta especialmente a embarazadas y personas mayores, así como a los niños, limitando y retrasando su desarrollo psicomotor y su capacidad intelectual (Schraufnagel, *et al.*,

2019). Su papel en el aumento de la mortalidad causada por la COVID-19 tampoco es menor (véase Frontera *et al.*, 2020).

Además de sobre nuestra salud, impacta negativamente sobre los ecosistemas naturales, provocando la pérdida de biodiversidad y acelerando el cambio climático (EEA, 2019; Lanzi, 2016). Tampoco son menores los daños profundos que causa en el entorno construido y, por tanto, en el patrimonio cultural (EEA, 2019).

Otro factor para tener en cuenta es su coste económico. En el caso de España, en 2019 en torno a 30.000 personas murieron a consecuencia del aire contaminado y el coste asociado a la salud provocado por la polución aérea supone cada año entre un 1,7 por 100 y un 4,7 por 100 del producto interior bruto (Ecologistas en Acción, 2020). Este coste aumenta con el tamaño de la ciudad, lo que hace que, en ciudades como Madrid, el coste puede ascender hasta los 1.069 euros per cápita (De Bruyn y De Vries, 2020).

1. Sus causas en las ciudades españolas: mucho tráfico y coches viejos

La contaminación atmosférica proviene de distintas fuentes, pero en las ciudades su mayor causante es el número de vehículos privados en circulación, que en España llegaba a los 29,7 millones en 2020. Es decir, si en 2010 teníamos 431 turismos por cada 1.000 habitantes, en 2019 la proporción aumentó hasta los 532 (ANFAC, 2021). Es importante señalar que un aumento del 1 por 100 de ve-

hículos en circulación aumenta los costes en salud para las ciudades, por ejemplo, en el caso de Madrid en casi un 0,5 por 100 (De Bruyn y De Vries, 2020). Este parque automovilístico tiene una edad superior a la media europea (13,1 años de antigüedad frente a los 10,8 años de media europea), lo que lo convierte en más contaminante (ANFAC, 2021). No hay que olvidar que la elevada presencia de vehículos diésel es otro factor «de riesgo»: este combustible llega a suponer el 83 por 100 del coste social procedente del total del tráfico rodado (De Bruyn y De Vries, 2020). En nuestro país, el 35,2 por 100 del parque automovilístico no dispone de etiqueta ambiental y un 32,4 por 100 tiene etiqueta B, siendo causantes del 92,4 por 100 de las emisiones contaminantes de óxido de nitrógeno (NO_x) y del 93,6 por 100 de las emisiones de partículas. Es cierto que el número de vehículos catalogados por la Dirección General de Tráfico (DGT) como Eco y Cero han aumentado durante 2020 (un 36 por 100 los Eco, superando el medio millón de unidades y un 81 por 100 los catalogados como Cero, alcanzando las 94.412 unidades) estos representan solo el 2,2 por 100 del parque automovilístico en España.

III. LA IMPORTANCIA DE COMPROMISOS INTERNACIONALES Y NACIONALES PARA ABORDAR LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Para luchar contra este gran problema de la contaminación, las sociedades deben partir de una premisa clara: no es posible mantener los modelos de movi-

lidad y transporte actuales. Ello requiere de un fuerte cambio en el marco normativo que introduzca y oriente cambios modales, así como un elevado grado de compromiso desde las escalas nacional, regional y local. Repasamos, a continuación, algunos de los avances más significativos realizados desde los organismos intergubernamentales en lo referente al cambio en la movilidad para reducir las emisiones de gases contaminantes.

1. La preocupación internacional en la reducción de contaminantes atmosféricos

Como ya se ha comentado, en 2013, la CE adoptó en 2013 el *Clean Air Policy Package* que obligaba a los países miembros a reducir las emisiones, con atención específica a los procedentes de los automóviles. Su cumplimiento conseguiría no solo evitar 58.000 muertes prematuras en la UE, sino también salvar 123.000 km² de ecosistemas de la contaminación debida al nitrógeno, de los cuales 56.000 km² corresponden a áreas especialmente protegidas (Natura, 2000) y conseguiría que 19.000 km² de ecosistemas forestales no tuvieran acidificación.

La preocupación por la reducción de emisiones y la necesidad de repensar nuestra movilidad aparece también en otros acuerdos comunitarios, como el Pacto Verde Europeo, que tiene por objeto situar a Europa en la senda de la transformación hacia una sociedad climáticamente neutra, equitativa y próspera, con una economía moderna y competitiva que utilice de manera eficiente los recursos. En

ella se alude a la necesidad de reducir las emisiones del tráfico y de implementar un transporte público sano para el medio ambiente al objeto de lograr la neutralidad climática en 2050.

También la Organización de las Naciones Unidas (ONU) expresó su preocupación por las emisiones del transporte y la calidad del aire en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), conminando cambios en la forma de movilidad urbana para lograr la neutralidad climática en 2030.

Por su parte, la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda, además de cambiar a modos limpios de energía, dar prioridad al tránsito urbano rápido, a las redes de peatones y ciclistas en las ciudades, así como a los viajes interurbanos de mercancías y pasajeros por ferrocarril; cambiar a vehículos diésel pesados más limpios y a vehículos y combustibles de bajas emisiones, incluidos los carburantes con contenido reducido de azufre (OMS, 2021b). Hace solo unos meses la OMS redujo el umbral máximo de emisiones recomendado, que no habían sido actualizados desde 2005. En su nueva directriz, la exposición máxima anual al NO₂ (dióxido de carbono) baja de los 40 microgramos por metro cúbico hasta los 10 microgramos. Para las PM_{2,5} (partículas inferiores a 2,5 micras de diámetro, que pueden penetrar la barrera pulmonar y pasar al torrente sanguíneo) se reducen de 10 microgramos por metro cúbico a 5, y el límite anual de las PM₁₀ (partículas «torácicas» menores de 10 μm que pueden penetrar hasta las vías respiratorias bajas) disminuyen de 20 microgramos por metro cúbico a 15. Esta organización calcula que el cumplimiento de

estos nuevos umbrales supondría una reducción de, al menos, el 58 por 100 de las muertes prematuras frente al 21 por 100 que hubiesen proporcionado los criterios previos (OMS 2006; 2021).

Todas estas directrices internacionales, aunque con diferentes grados de vinculación por parte de los países, suponen un hito que expresa la voluntad internacional sobre la necesidad de un cambio en cómo se concibe la movilidad y el transporte de mercancías, entre otros aspectos.

2. El compromiso de España para reducir las emisiones

El compromiso, al menos teórico, de España contra la contaminación es notable: recientemente presentó en la UE la Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo 2050, que marca una reducción del 90 por 100 de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a 2050 con respecto a 1990. También la Ley 7/2021, de 20 de mayo, de Cambio Climático y Transición Energética ha puesto la reducción del consumo de energía final (cuyo mayor peso porcentual recae sobre el transporte) y las emisiones de contaminantes atmosféricos en el centro de la acción política, entendiendo que la lucha contra el cambio climático es un vector clave de la economía, imprescindible además para construir el futuro y generar nuevas oportunidades socioeconómicas. Esta ley implica actuaciones sobre la movilidad urbana y metropolitana hacia una mayor participación de los modos más eficientes y el transporte público (en detrimento de la utilización del vehículo privado con baja ocupación), el fomento

del uso compartido y de modos no motorizados como caminar o la bicicleta. La reducción del uso del vehículo privado en entornos urbanos (en un 35 por 100 hasta 2030 y de los tráficos interurbanos del orden de un 1,5 por 100 anual) incluiría, además, el fomento del teletrabajo.

El Plan de Restauración, Transformación y Recuperación presentado recientemente por el Gobierno español a la CE incluye un plan de impacto para el transporte sostenible, seguro y conectado en entornos urbanos y metropolitanos para promover la descarbonización del transporte urbano, mejorando así la calidad del aire y la vida urbana. Sus medidas incluyen incentivos económicos para la transformación de las flotas de vehículos de pasajeros y mercancías por vehículos de emisión cero o de bajas emisiones.

En materia de medidas urbanas de tráfico, la modificación del Reglamento General de la Circulación del 11 noviembre 2020 puso en vigor límites de velocidad en vías urbanas y travesías y planteó los Planes de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS) y los Planes de Transporte al Trabajo (PTT). Los PMUS suponen la concesión directa de subvenciones a proyectos singulares de entidades locales que favorezcan el paso a una economía baja en carbono en el marco del programa operativo FEDER de crecimiento sostenible 2014-2020 (BOE, 2019). Los PTT, obligatorios para empresas con más de 250 empleados, consisten en una batería de medidas encaminadas a que las empresas fomenten, por ejemplo, la movilidad sostenible y compartida o el teletrabajo (IDAE, 2019).

Aunque sin carácter normativo, merece mención la Agenda Urbana Española, aprobada en febrero de 2019 y que pone de manifiesto la necesidad de lograr la sostenibilidad ambiental en las políticas de desarrollo urbano. Apuesta, asimismo, por la adopción de medidas encaminadas a favorecer una movilidad sostenible y eficiente, apostando por la intermodalidad, reduciendo los viajes en transporte privado y mejorando tanto los sistemas de transporte público como la calidad de los desplazamientos peatonales (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2019).

3. De la normativa a la práctica ¿por qué necesitamos ZBE en nuestras ciudades?

No obstante, y a pesar de este notable compromiso sobre el papel, lo cierto es que nuestro país parte de una mala situación atmosférica: diferentes ciudades y áreas urbanas españolas (Barcelona, Madrid y Valencia, entre otras) superan tanto los umbrales que la OMS estableció en 2005 como las directrices exigidas por la UE, estas últimas de obligado cumplimiento.

De hecho, España ha infringido la mencionada normativa de forma reiterada desde 2010; la capital ha superado durante todo este tiempo el límite del valor horario ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) –que no se debe rebasar durante más de 18 horas al año en ninguna de las 24 estaciones de la red– y también el límite del valor anual (establecido en $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de concentración media anual). Este incumplimiento reiterado provocó que, en 2015, Bruselas abriese expediente contra España, espe-

cíficamente centrándose en las emisiones y superación recurrente de los umbrales máximos de dióxido de nitrógeno en Madrid y en el área metropolitana de Barcelona. Lo cierto es que, con el reciente endurecimiento de los parámetros de la OMS, muchas más ciudades incumplirían estos nuevos máximos, que aún no son vinculantes.

Sin embargo, España consiguió paralizar la multa gracias al anuncio de la creación, tanto en Madrid como en Barcelona, de áreas de bajas emisiones que permitirían a ambas ciudades alcanzar los parámetros recomendados para 2020. Otros países, como Alemania, Francia, Italia, Rumanía, Hungría y Reino Unido sí fueron denunciados ante el Tribunal de Justicia de la Unión Europea por este motivo. A continuación, analizaremos la corta, pero «intensa» vida de MC.

IV. ¿CRÓNICA DE UNA MUERTE ANUNCIADA O LA ZBE MÁS EXITOSA DE EUROPA? EL CASO DE MC

Esta sección se enfoca en analizar la eficacia relativa a la reducción de contaminantes peligrosos para la salud de las medidas llevadas a cabo en la definición de la ZBE en Madrid. Primero se refiere la situación marco que lleva a que Madrid plantee esta área de bajas emisiones, a fin de comprender que la importancia que tiene MC, incluso a nivel comunitario, no es menor. Seguidamente, se revisa la experiencia de Madrid central y la forma en que se convierte en un símbolo, más allá de su capacidad de cumplir o no con los objetivos que motivaron su creación. Por último, se analizan los resultados

reales que tuvo la implantación de esta área de bajas emisiones a fin de poder determinar qué efectos tuvo sobre la calidad del aire.

1. Del distrito centro a los tribunales: la ajetreada vida de MC

La elevada contaminación en la capital llevó al Ayuntamiento de Madrid a reducir en el centro de la ciudad el tráfico de tránsito (aquel que no tiene como origen ni como destino final esta área), replicando así otras experiencias europeas y dando continuidad a medidas previas que no habían resultado efectivas ni fáciles de comprender. Con la creación de MC las restricciones al tráfico dejarían de depender del nivel actual de contaminación (cuando ya es demasiado tarde) o de la previsión meteorológica, dejando atrás respuestas parciales y un tanto aleatorias (como la prohibición en días alternos de circular por determinadas áreas a coches con matrícula par o impar).

Madrid Central se constituye como una ZBE en una zona delimitada del centro de la capital que restringe el acceso a los vehículos que no cumplan una serie de distintivos ambientales, aunque permitiendo la circulación a residentes y a vehículos autorizados. La medida, que solo afecta a una parte de la ciudad y con numerosas salvedades, no es novedosa ni excesivamente estricta, pero resultó muy controvertida y llegó a convertirse en un símbolo político (Lebrusán y Toutouh, 2020), especialmente cuando la oposición comparó esta ZBE con el gueto de Varsovia y con el muro de Berlín (Ferrero y Vega, 2021). Encontró un fuerte rechazo entre algunos

grupos políticos y ciudadanos: se planteaba que MC limitaba el derecho a utilizar el vehículo privado y no resultaba efectiva, pues, en realidad, estaba desplazando la contaminación hacia otras zonas de la ciudad (causando el denominado efecto frontera).

Las protestas llegaron a los tribunales: el grupo Popular inició en 2018 un contencioso en el que defendía que el coste de la puesta en funcionamiento de esta zona de bajas emisiones, calculado en 11,7 millones de euros durante siete años, podía poner en riesgo la estabilidad financiera del Ayuntamiento de Madrid. Mientras, MC lograba detener la acción disciplinaria de la CE, si bien tras las elecciones municipales celebradas el 26 de mayo de 2019, el nuevo Gobierno cumplía su promesa electoral y aplicaba una moratoria en las multas desde el 1 de julio hasta el 30 de septiembre de 2019 bajo el art. 247 de la Ordenanza de Movilidad Sostenible. Pero la lucha jurídica por la reclamación del centro de la ciudad continuaba: esta reversión de la ZBE fue llevada ante los tribunales por asociaciones ecologistas, alargando así (ligemente) la vida de MC. Además, consiguió la mayor movilización hasta la fecha por una causa ambiental (10.000 personas según Delegación del Gobierno y más de 60.000, según los organizadores) que contó con el respaldo de más de 70 organizaciones y más de 200.000 firmas a favor de su mantenimiento (Planelles, 2019). Finalmente, el Tribunal Supremo (TSJM) dejaría sin efecto MC por defectos formales, a pesar de los recursos de casación presentados por Ecologistas en Acción: el TSJM anuló parcialmente el 26 de julio de 2020 la ordenanza municipal que regulaba MC tras el recurso interpuesto por el Círculo

de Empresarios de Ocio Nocturno y de Espectáculos de Madrid (CEONM) con base en defectos formales, ya que la regulación no incluyó el trámite de información pública (principios recogidos en el Título III de la Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público).

El aspecto positivo es que el nuevo Consistorio quedó obligado a aprobar una nueva ordenanza de Movilidad Sostenible para cumplir con la Ley de Cambio Climático (BOE número 121, de 21/05/2021) y evitar así la referida multa de la CE. No hay que olvidar que el catalizador de esta ZBE fue, más que una idea espontánea, resultado del requerimiento europeo dirigido a España por el incumplimiento de las obligaciones derivadas de la Directiva 2008/50/CE, de 21 de mayo de 2008. En respuesta a lo anterior, el nuevo Gobierno municipal crea la Estrategia de Sostenibilidad Ambiental Madrid 360 (1) y MC pasa a llamarse zona de bajas emisiones de especial protección (ZBEDEP) distrito centro, entrando en vigor el 11 de diciembre de 2021 (BOAM, 2021).

¿Cuáles son las diferencias entre esta nueva ZBE y la anterior? Este ZBEDEP resulta menos restrictivo que la anterior ZBE, pues mantiene los criterios de acceso según distintivo ambiental, pero equipara a comerciantes y residentes a la hora de poder circular en la zona.

2. Análisis y valoración sobre la efectividad de MC

Más allá de las disquisiciones jurídicas y políticas, la pregunta relevante es si MC llegó a ser efectiva. ¿Pueden los consistorios reducir la polución en sus ciudades con medidas simples?

De Gregorio Hurtado (2019) señala que los efectos cualitativos de MC se percibieron desde el primer día, con una menor presencia del vehículo privado en el espacio público. Pero ¿disminuyó el tráfico o simplemente se desvió hacia otras zonas de la ciudad? ¿Estaba MC creando un efecto frontera?

Estudios previos demostraron que la aplicación de restricciones a los vehículos en el acceso a una calle o zona afecta a los patrones de movilidad de los habitantes en el conjunto de la ciudad (Soni y Soni, 2016) y, por tanto, repercute en la reducción de la contaminación de las distintas zonas de esa ciudad. Excepto en el caso del O_3 , las diferencias en emisiones durante el período previo a MC y el corto período que estuvo activo MC, resultaron estadísticamente significativas (Lebrusán y Toutouh, 2019), resultado que se corroboró posteriormente con la aplicación de métodos de inteligencia artificial basados en aprendizaje profundo o *deep learning* (redes neuronales artificiales recurrentes) (Toutouh, Lebrusán y Nesmachnow, 2020). También se demostró que la concentración media de NO_2 se reducía en otras zonas de Madrid más allá de esta ZBE (Lebrusán y Toutouh, 2020) e, incluso, que la medida fue capaz de reducir los niveles de ruido (Lebrusán y Toutouh, 2021). No obstante, siendo tan breve la vigencia de MC, y sabiendo además que las multas tardaron en ser efectivas, cabría pensar que los resultados estaban sesgados por otras cuestiones, como el cambio de temperatura asociado al cambio de estación del año o que la muestra temporal no es suficiente para compensar estos posibles efectos distorsionadores.

El análisis realizado en este artículo considera principalmente: i) la concentración contaminante durante ambos períodos pre-MC y pos-MC, que se mide y promedia por hora y día; ii) la variación media entre la concentración contaminante durante el pos-MC y el pre-MC, teniendo en cuenta los diferentes meses (M). Medido en porcentaje, un valor negativo indica reducción del contaminante (mejora en la calidad del aire) y; iii) la regresión se aplica para evaluar la tendencia general de la concentración de contaminación atmosférica con y sin la aplicación de las restricciones al tráfico rodado en MC.

Para cada uno de los contaminantes analizados se muestran dos gráficas: i) un diagrama de caja que presenta la concentración de los contaminantes atmosféricos para los períodos pre-MC y pos-MC, teniendo en cuenta las diferentes estaciones; y ii) un diagrama de barras en el que se incluye la concentración media mensual de cada contaminante. A su vez, se incluye una tabla con los descriptivos: i) la mediana (Med.); ii) el rango

CUADRO N.º 1
CONCENTRACIÓN DE NO₂ MEDIDA EN EL SENSOR DE PLAZA DEL CARMEN

	pre-MC			pos-MC			VARIACIÓN ^{ab}
	MED.	IQR	MÁX.	MED.	IQR	MÁX.	
Primavera	40,17	19,94	162	20,42	15,26	131	-96,70*
Verano	42,19	23,07	196	27,46	18,63	148	-53,63*
Otoño	56,52	24,68	188	38,86	21,29	123	-45,43*
Invierno	53,10	24,96	196	43,95	26,92	172	-20,82*

Nota: El asterisco indica que existe una diferencia significativa entre los períodos pre-MC y pos-MC.

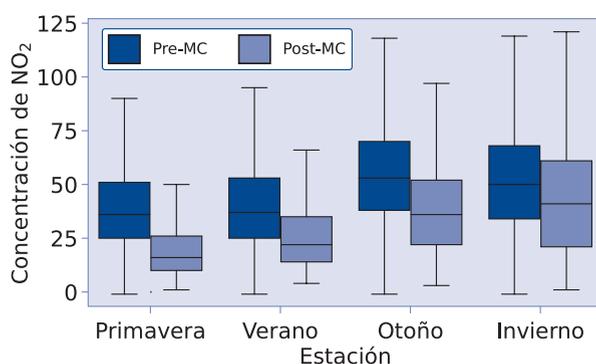
intercuartil (Iqr); iii) el máximo (Max.) de concentración alcanzado por estos contaminantes para cada período estudiado; y iv) la variación media en dicho contaminante (Variación). El asterisco en las tablas indica que existe una diferencia estadísticamente significativa en la variación en dicho contaminante para los períodos analizados según la prueba U de Mann-Whitney (es decir, valor $p < 0,01$).

a) Concentración de NO₂

Centrándonos en el NO₂, que es el contaminante que provocó

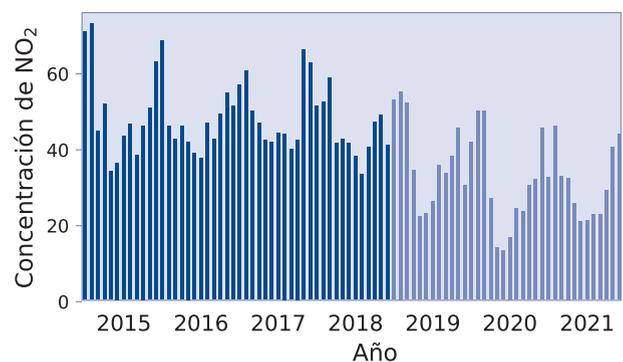
la apertura del expediente de la UE contra España y cuyo exceso es un problema de salud pública, podemos observar que su concentración se reduce significativamente en todas las estaciones. El cuadro n.º 1 muestra que su disminución es menor en invierno, debido a que el NO₂ permanece en el aire durante más tiempo en los meses fríos, pero sobre todo a la aportación a la contaminación que tendrían las centrales eléctricas de combustión para la calefacción doméstica (Chen, Yan y Zhao, 2015). A su vez, se puede observar cómo la variación (reducción del con-

GRÁFICO 1
CONCENTRACIÓN DE NO₂ MEDIDA EN EL SENSOR DE PLAZA DEL CARMEN



a) Comparativa por estaciones

Fuente: Elaboración propia.



b) Concentración media mensual

taminante) es estadísticamente significativa para todas las estaciones.

El gráfico 1a confirma que las estaciones más cálidas tienen una mejor calidad del aire, mientras que el gráfico 1b muestra que la concentración de NO₂ supera, durante varios meses, el máximo permitido por la UE para ambos periodos (pre-MC y pos-MC) si bien durante pos-MC lo hace durante menos meses, indi-

cando que la población tuvo un aire más saludable durante un porcentaje mayor de tiempo.

Una vez visto que existe una reducción de NO₂, aplicamos el análisis de regresión para evaluar la tendencia general de este contaminante. Los gráficos 2 y 3 ilustran dos análisis diferentes:

- En primer lugar, tenemos en cuenta todos los valores de concentración para ver la ten-

dencia del contaminante en general.

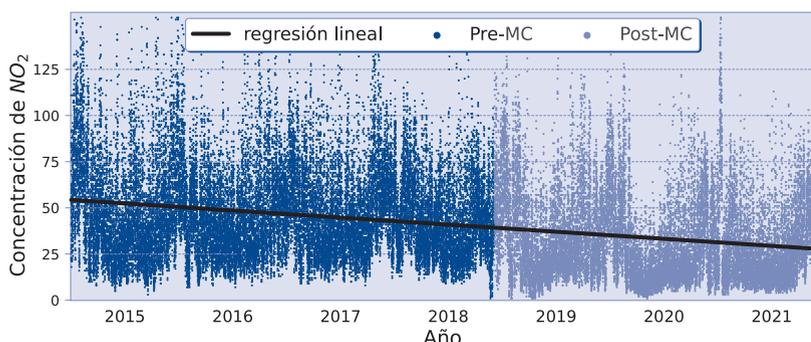
- En segundo lugar, se promedian los valores censados mensualmente y se evalúan las tendencias de cada uno de los periodos por separado. Así, se puede analizar el posible cambio de tendencia debido a las nuevas políticas de movilidad.

En el gráfico 2, la regresión lineal (línea negra) muestra una tendencia decreciente para NO₂. En el gráfico 3 la línea azul discontinua, que representa la regresión lineal de la concentración de NO₂ antes de la aplicación de MC, tiene una pendiente negativa. No obstante, esta es inferior a la tendencia general una vez se aplican las medidas de MC (línea azul claro). Así, pues, el comportamiento de la concentración de NO₂ en el aire bajo la aplicación de medidas de MC señala que la restricción del tráfico tiene un efecto positivo en la calidad del aire.

b) Concentración de O₃

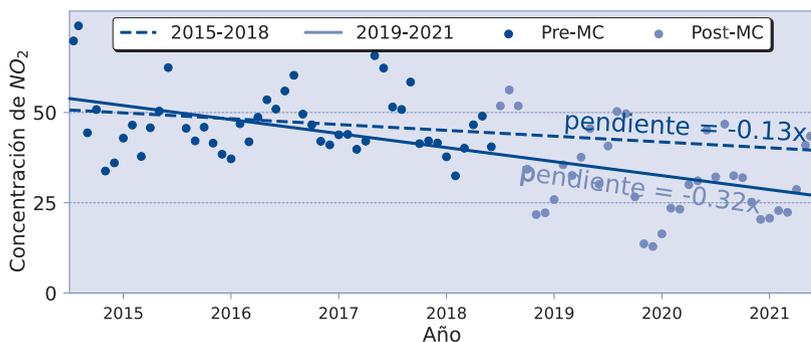
El análisis de la concentración de O₃ muestra un comportamiento similar para ambos periodos analizados (ver cuadro n.º 2 y gráfico 4). Los resultados del cuadro n.º 2 muestran que la concentración de este contaminante aumentó tras la aplicación de MC durante la primavera, el otoño y el invierno, pero disminuyó durante el verano. Sin embargo, estas variaciones no tienen diferencias estadísticas según el test aplicado. En todo caso, todos los valores medios mensuales de O₃ son inferiores al máximo definido por la UE (120 µg/m³), y de acuerdo con los valores del cuadro n.º 2, la población experimenta casi todo el tiempo un aire sin exceso de O₃ durante la post-MC.

GRÁFICO 2
CONCENTRACIÓN DE NO₂ POR HORA EVALUADA EN EL SENSOR DE PLAZA DEL CARMEN



Nota: Las rectas presentan la recta de regresión para los valores censados.
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 3
CONCENTRACIÓN DE NO₂ MENSUAL EVALUADA EN EL SENSOR DE PLAZA DEL CARMEN



Nota: Las rectas presentan la recta de regresión para los periodos pre-MC y pos-MC de forma individual.
Fuente: Elaboración propia.

CUADRO N.º 2

CONCENTRACIÓN DE O₃ MEDIDA EN EL SENSOR DE PLAZA DEL CARMEN

	pre-MC			pos-MC			VARIACIÓN ^(*)
	MED.	IQR	MÁX.	MED.	IQR	MÁX.	
Primavera	51,44	25,61	146	64,43	24,18	169,70	20,16
Verano	61,16	32,31	205	65,57	31,17	163,90	6,71
Otoño	24,49	21,97	134	35,22	24,41	121,70	30,48
Invierno	23,88	18,21	100	33,96	25,64	136,20	29,66

Nota: El asterisco indica que existe una diferencia significativa entre los períodos pre-MC y pos-MC.

Este incremento señalado de O₃ podría deberse a la oxidación del NO, es decir, a la reacción química de O₃ y NO que forma NO₂ y O₂, que se produce en las zonas urbanas. Como la limitación del tráfico rodado reduce la concentración de NO, la parte de O₃ que reacciona con el NO es menor. Por tanto, los niveles de O₃ no disminuyen y, en consecuencia, la concentración de NO₂ producida por la oxidación del NO es menor. En resumen, este repunte puede ser una consecuencia química de la reducción en el aire de las concentraciones de otros componentes.

c) Concentración de SO₂

Centrándonos en el SO₂, no hemos constatado una tendencia clara. Para verano y otoño el contaminante se reduce durante pos-MC (esto se confirma de acuerdo con el análisis estadístico). Sin embargo, el SO₂ se incrementa durante el invierno y la primavera (ver el cuadro n.º 3 y el gráfico 5). Esto se debe, principalmente, a que las mayores fuentes de emisiones de SO₂ son la combustión de combustibles fósiles en centrales eléctricas y otras instalaciones industriales. Por tanto, las medidas o políticas relacionadas con la movilidad no

son adecuadas para reducir la concentración de SO₂ en el aire.

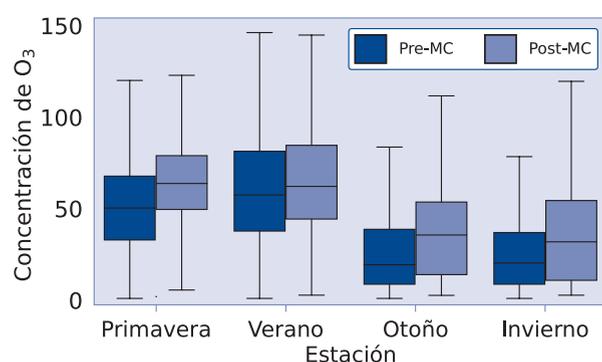
d) Concentración de CO

En cuanto al CO, al igual que ocurre con el O₃, la concentración de este contaminante disminuye durante el verano, pero aumenta durante las demás estaciones (véase el cuadro n.º 4 y el gráfico 6). Aunque una de las principales fuentes de este contaminante en lo que respecta al aire exterior son los vehículos de tráfico rodado o la maquinaria que quema combustibles fósiles, no parece que la reducción del tráfico rodado conlleve una disminución del CO.

En todo caso, según la normativa de la UE, no es necesario reducir el CO ya que durante el período de tiempo analizado en este artículo no hay ninguna medición que supere el umbral estipulado por la UE (10 mg/m³).

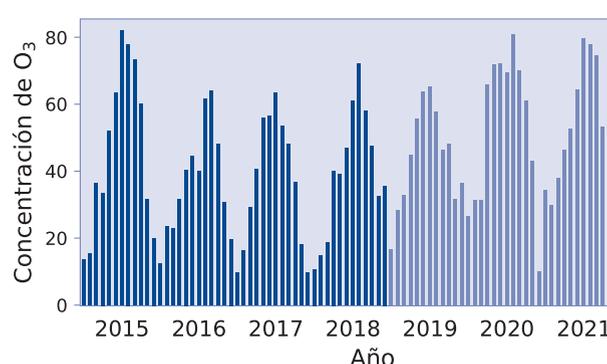
La evaluación de SO₂, NO₂, O₃ y CO indica que el balance medioambiental final no siempre coincide con lo que se esperaba

GRÁFICO 4

CONCENTRACIÓN DE O₃ MEDIDA EN EL SENSOR DE PLAZA DEL CARMEN

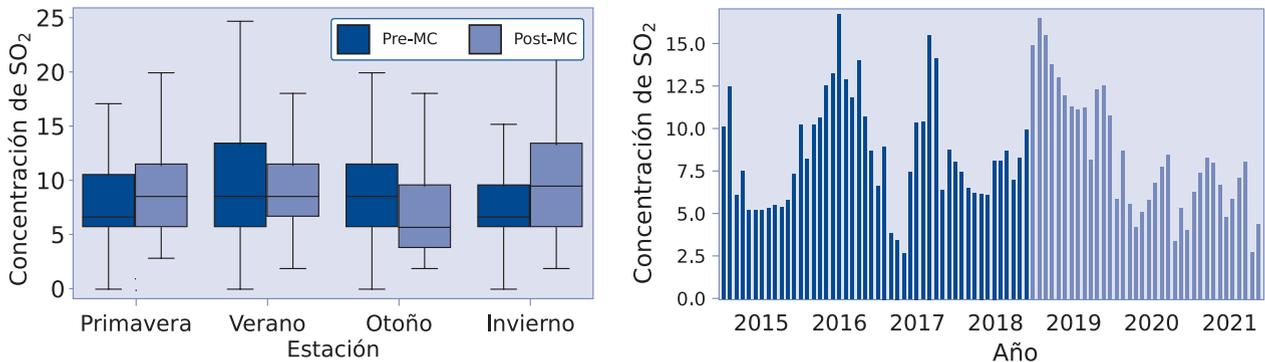
a) Comparativa por estaciones

Fuente: Elaboración propia.



b) Concentración media mensual

GRÁFICO 5
CONCENTRACIÓN DE SO₂ MEDIDA EN EL SENSOR DE PLAZA DEL CARMEN



a) Comparativa por estaciones

Fuente: Elaboración propia.

b) Concentración media mensual

CUADRO N.º 3

RESUMEN DE LA CONCENTRACIÓN DE SO₂ MEDIDA EN EL SENSOR DE PLAZA DEL CARMEN

	pre-MC			pos-MC			VARIACIÓN ^(a)
	MED.	IQR	MÁX.	MED.	IQR	MÁX.	
Primavera	7,83	4,54	37	7,91	3,48	24	1,02
Verano	9,92	6,03	50	8,13	2,25	18	-21,92*
Otoño	8,69	5,24	42	7,19	5,65	35	-20,88*
Invierno	7,78	5,09	53	9,84	6,06	68	20,91

Nota: El asterisco indica que existe una diferencia significativa entre los períodos pre-MC y pos-MC.

CUADRO N.º 4

CONCENTRACIÓN DE CO MEDIDA EN EL SENSOR DE PLAZA DEL CARMEN

	pre-MC			pos-MC			VARIACIÓN ^(a)
	MED.	IQR	MÁX.	MED.	IQR	MÁX.	
Primavera	0,31	0,14	1,90	0,33	0,22	3	3,80*
Verano	0,38	0,28	2,30	0,25	0,18	3	-51,56*
Otoño	0,46	0,32	2,60	0,42	0,24	2	-9,32*
Invierno	0,46	0,28	2,90	0,50	0,34	4,10	8,02*

Nota: El asterisco indica que existe una diferencia significativa entre los períodos pre-MC y pos-MC.

ción de NO₂ y ha mejorado así la calidad del aire en esta zona.

e) *Análisis del efecto frontera: el NO₂ en todo Madrid*

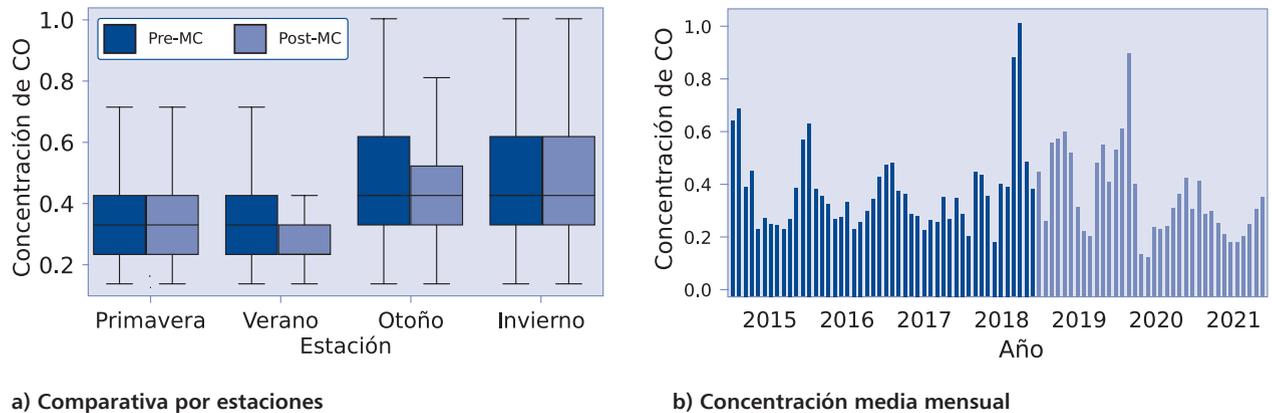
Después de haber comprobado que las medidas aplicadas por el Consistorio han reducido de forma significativa los niveles de concentración de NO₂ en el distrito centro, esta sección pretende confirmar que esta importante reducción de las emisiones de NO₂ no ha conllevado su aumento en otras zonas debido a una hipotética redirección del tráfico (lo que estaría causando un efecto frontera). Así, analizamos la información de 23 sensores de calidad del aire instalados por toda la ciudad.

Los resultados se muestran de forma gráfica mediante un diagrama de caja que indica los niveles de concentración de NO₂ para toda la ciudad y para todos los años estudiados en este trabajo. El gráfico 7 muestra cómo los años a partir de la implantación de la ZBE son los que registran la menor cantidad de NO₂ en el aire. Comprobamos tam-

intuitivamente. Sin embargo, es importante señalar que MC demuestra su eficacia para reducir la concentración de NO₂, que fue una de las principales motiva-

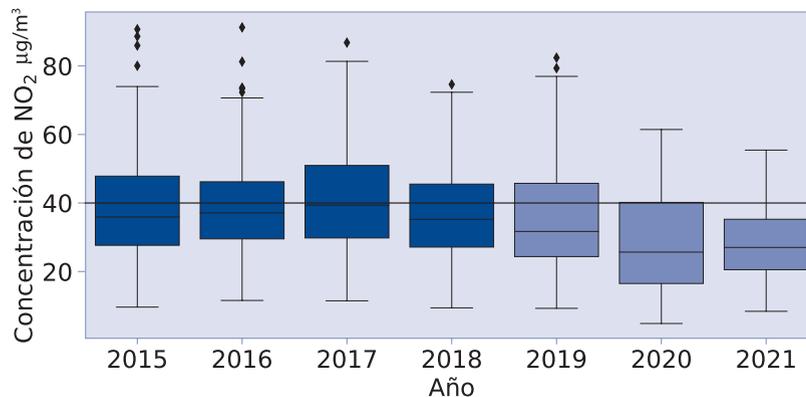
ciones para desarrollar esta ZBE. Por tanto, podemos afirmar que la restricción del tráfico rodado aplicada en el MC ha reducido significativamente la concentra-

GRÁFICO 6
CONCENTRACIÓN DE CO MEDIDA EN EL SENSOR DE PLAZA DEL CARMEN



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 7
CONCENTRACIÓN DE NO₂ MEDIDA POR TODOS LOS SENSORES DE LA CIUDAD PARA LOS AÑOS DESDE 2015 AL 2021



Fuente: Elaboración propia.

bién que, como han señalado diversos estudios, las medidas llevadas a cabo para mitigar el impacto de la COVID-19 hacen que 2020 sea el año con mejor calidad del aire.

El cuadro n.º 5 muestra la mediana anual de concentración de NO₂ para cada uno de los sensores instalados en Madrid. La última columna presenta la variación de la concentración de

NO₂ para dichos sensores. Como se puede observar existe una tendencia clara a reducir el nivel de NO₂ para todos los sensores. Si bien, es cierto que la reducción mayor de la concentración de dicho contaminante se da en el sensor instalado en la plaza del Carmen (es decir, distrito centro), para todos los demás sensores se da una reducción de la concentración de NO₂ (mejora de la calidad del aire) confirmada por

el test estadístico aplicado. Así pues, estos resultados indican que, en general, el despliegue de la ZBE tiene un impacto positivo en toda la ciudad porque, tras su implantación, el aire de Madrid es, en general, más saludable (contiene menos NO₂). Con esto se confirma que no existe un efecto frontera.

A su vez, estos resultados están en consonancia con los estudios previos que reconocen que los niveles de concentración de NO₂ en Madrid están dominados por el tráfico local (hasta el 90 por 100). Así pues, la reducción del tráfico rodado conlleva una reducción de la concentración de NO₂ en esta ciudad.

3. Reflexiones finales sobre MC

Lo cierto es que MC se convierte en un símbolo político, pero del que después consigue reapropiarse parte de la ciudadanía, llegándose a organizar la Plataforma en Defensa de Madrid Central. Su importancia no es menor, pues expresa no solo

CUADRO N.º 5

**MEDIANA ANUAL DE LA CONCENTRACIÓN DE NO₂ MEDIDA EN TODOS LOS SENSORES DE LA CIUDAD PARA LOS AÑOS DESDE 2015 AL 2021
(Variación entre los períodos pre-MC y pos-MC)**

UBICACIÓN DEL SENSOR	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	VARIACIÓN ⁹⁰
Plaza del Carmen	39	43	44	43	36	26	23	-15,2*
Avda. Ramón y Cajal	35	38	37	36	33	27	24	-9,4*
Arturo Soria	31	32	32	31	27	21	18	-10,5*
Villaverde	29	32	34	31	27	25	23	-8,1*
Farolillo	28	31	32	29	25	22	19	-9,1*
Casa de Campo	14	15	15	14	12	11	10	-4,2*
Barajas Pueblo	26	28	31	31	29	23	20	-5,9*
Moratalaz	30	33	33	33	29	24	22	-7,7*
Cuatro Caminos	36	36	36	36	32	25	22	-9,3*
Barrio del Pilar	32	32	32	31	27	22	19	-10,5*
Vallecas	32	30	32	30	27	24	21	-7,6*
Méndez Álvaro	26	29	31	30	26	21	18	-9,1*
Paseo de la Castellana	33	34	33	33	30	23	21	-8,0*
Parque del Retiro	22	25	25	23	20	16	15	-8,3*
Plaza de Castilla	39	39	37	34	32	25	24	-9,7*
Ensanche de Vallecas	26	29	27	28	27	24	20	-7,5*
Urb. Embajada	33	37	38	37	32	24	21	-11,0*
Pza. Elíptica	47	49	49	48	46	40	34	-11,1*
Sanchinarro	24	26	25	23	22	18	16	-6,6*
El Pardo	11	14	14	12	11	10	10	-2,5*
Juan Carlos I	15	15	17	18	18	14	13	-2,0*
Tres Olivos	24	27	26	22	19	17	19	-7,5*
Escuelas Aguirre	36	38	37	40	48	37	30	-4,3*

Nota: El asterisco (*) indica los casos donde hay diferencia significativa.

la capacidad de adhesión a la norma por parte de la población y la predisposición al cambio comportamental (y con ello, su efectividad en términos prácticos), sino que además muestra la sensibilidad que tienen ciertos colectivos (organizados, activos y cuantitativamente nada desdeñables) con respecto a la salud urbana y la reducción de la contaminación. Este aspecto nos permitiría asumir que la ciudadanía española está preparada para un cambio en la concepción de la movilidad.

La historia de MC es compleja: desde su origen estuvo cargada de polémica, recibiendo un fuerte rechazo por parte de grupos políticos y asociaciones de empresarios. Sin embargo, y a pesar de su corta vida, los datos muestran

que mejora la calidad del aire de la ciudad de forma notable. La Federación Europea de Transporte y Medio Ambiente, en inglés, *European Federation for Transport and Environment* (2019) afirmó que MC llegó a ser el área europea que más reducía la contaminación. No es un halago menor habiendo 280 zonas de bajas emisiones en la UE y teniendo la de Madrid, con solo 4,7 kilómetros, un tamaño mínimo en comparación con los 88 kilómetros cuadrados de la de Berlín, por ejemplo.

Pero el caso de MC resulta interesante por otros motivos: en tan breve tiempo, consigue convertirse en un estandarte y pone sobre la mesa el debate entre quienes conciben el uso del vehículo privado como parte del derecho a la movilidad y quie-

nes reclaman el derecho a respirar aire limpio. Madrid Central despierta rechazo, pero también un fuerte movimiento a favor.

V. CONCLUSIONES Y PROPUESTAS

En este artículo hemos valorado los efectos de MC con respecto a su finalidad principal (reducción de emisiones contaminantes) y su recepción pública y política. Lo que nos muestra la normativa de bajas emisiones en la zona centro de Madrid es que, al margen de la forma o de los instrumentos concretos para llevarlo a cabo, las fuerzas políticas aceptan la necesidad de reducir las emisiones y de cambiar la forma de movilidad en la ciudad. Solemos asumir

que son los cambios en las pautas individuales de movilidad las que muestran el compromiso que la sociedad tiene con el cambio climático y con la salud urbana, pero el mayor indicativo de compromiso de una sociedad es que fuerzas políticas que se resistieron a cumplir con una norma, hoy (independientemente de las modificaciones) acojan la norma como suya y ensalcen las virtudes. La transición ecológica deja de ser una cuestión de color político (con salvedades y sin querer simplificar el proceso) para ser una agenda compartida, en mayor o medida, por la mayor parte del espectro político. Ni el marco normativo internacional ni el electorado dejarán que esto sea de otra forma.

Con respecto a las limitaciones de este estudio, hubiera sido especialmente relevante analizar de qué forma ha cambiado la movilidad de los habitantes en la zona centro de la ciudad bajo estas ZBE, pero la «ajetreada» vida de MC y las restricciones a la movilidad derivadas de la alerta sanitaria por COVID-19 impiden analizar correctamente el impacto que las directrices de la ZBE tuvieron en el potencial cambio comportamental de la población. No obstante, la experiencia singular de esta ZBE en Madrid resulta un caso de análisis excepcional para conocer el potencial papel que las ciudades pueden tener en la lucha contra las emisiones contaminantes procedentes del tráfico y para visualizar el calado que las directrices internacionales sobre movilidad y emisiones tienen en el ámbito municipal. Como era esperable, esta tampoco es una solución libre de dificultades u oposición, aunque numerosas ciudades han demostrado que medidas como la reducción del

tráfico rodado, además de reducir los contaminantes, tienen efectos positivos sobre el turismo y la creación de empleo, la mejora de la seguridad y el uso del espacio público.

Sabemos que dentro de treinta años las ciudades españolas deberán ser neutras en carbono, libres de contaminación y circulares en el uso de los recursos. Hasta el momento, en España las principales medidas adoptadas parecen ser las relacionadas con movilidad y ordenación del tráfico, fomento de alternativas al uso del vehículo privado y a su renovación hacia vehículos Eco o Cero emisiones, y fomento y mejora del transporte público. No obstante, esta no es la única forma ni será suficiente: ciudades como Madrid necesitarán abordar cambios de profundo calado en diferentes frentes, desarrollando un modelo urbano más sostenible, ordenado y compacto y transformando sus modelos de movilidad. Entre las actuaciones que contemple este cambio, será imperativo reducir el uso del vehículo privado en favor del transporte público, mejorando la eficiencia en rutas y frecuencias mediante técnicas de inteligencia artificial (digitalización en transportes de mercancías, opciones recogidas en normativa actual, como la nueva Ley de Movilidad Sostenible y Financiación del Transporte) y facilitar los viajes multimodales. La accesibilidad económica también es clave, a fin de posibilitar la justicia espacial a todos los grupos socioeconómicos.

Otra vía complementaria será apostar por la movilidad compartida y, sobre todo, por la movilidad activa. En este sentido, es necesario aumentar y mejorar los carriles bici, sin olvidar la con-

vencia peatonal y la atención a las personas con problemas de movilidad. Del mismo modo, este nuevo modelo de movilidad debe apostar siempre por la inclusión, evitando edadismos y capacitismos.

Esta no será la única forma de reducir los atascos, para lo que los semáforos y aparcamientos inteligentes y conectados podrían ser clave. No podemos olvidar tampoco la optimización de la logística de reparto en ciudades, estableciendo un marco normativo y de incentivos que promueva el uso de vehículos bajos en emisiones y que promueva alternativas a los problemas de la última milla, como el reparto urbano inteligente y aplicaciones de la digitalización.

Por último, no debemos olvidar que el desplazamiento que menos contamina es el que no se hace: reducir los desplazamientos innecesarios será la mejor medida, con medidas como la implantación o ampliación del teletrabajo en aquellos sectores en los que es posible y para aquellos trabajadores y trabajadoras que lo deseen.

NOTAS

(1) Aprobado mediante la Ordenanza 4/2021, de 30 de marzo, de Calidad del Aire y Sostenibilidad. Se completa con la nueva Ordenanza de Movilidad Sostenible, que añade nuevas propuestas a la anterior (cambiando 41 de los 245 artículos que lo conforman).

BIBLIOGRAFÍA

ANFAC (2021). *Informe anual 2020*. Disponible en: <https://anfac.com/publicaciones/informe-anual-2020/>

ASAMBLEA GENERAL DE LAS NACIONES UNIDAS (1989). *Convention on the Rights of the Child*. *United Nations, Treaty Series* 1577.3, pp. 1-23.

<p>AYUNTAMIENTO DE MADRID (2019). <i>MADRID 360, la estrategia para cumplir con los objetivos de calidad del aire de la Unión Europea</i>. Disponible en: https://www.madrid.es</p> <p>BAKALAR (2019). Air Pollution May Damage the Brain. <i>New York Times</i>. Disponible en: https://www.nytimes.com/2019/11/25/well/mind/air-pollution-brain-dementia-alzheimer-memory.html</p> <p>BASNER, M., BABISCH, W., DAVIS, A., BRINK, M., CLARK, C., JANSSEN, S. y STANSFELD, S. (2014). Auditory and non-auditory effects of noise on health». <i>The Lancet</i>, 383, pp. 1325-1332.</p> <p>BOAM n.º 8868/829 (16/04/2021) - Acuerdo de 30 de marzo de 2021 del Pleno del Ayuntamiento de Madrid que aprueba la Ordenanza 4/2021 de Calidad del Aire y Sostenibilidad.</p> <p>BOAM n.º 8979 (21/09/2021): Acuerdo de 13 de septiembre de 2021 del Pleno por el que se aprueba la Ordenanza 10/2021.</p> <p>BOE 2019. Real Decreto 316/2019, de 26 de abril, por el que se modifica el Real Decreto 616/2017 que regula la concesión directa de subvenciones a proyectos singulares de entidades locales que favorezcan el paso a una economía baja en carbono en el marco del programa operativo FEDER de crecimiento sostenible 2014-2020.</p> <p>BOE (2021). Ley 7/2021, de 20 de mayo, de Cambio Climático y Transición Energética.</p> <p>CAYWOOD, M., y ROY, A. (2018). <i>Universal Basic Mobility is coming. And it's long overdue. CityLab (blog) 3</i>. Disponible en: https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-10-03/universal-basic-mobility-is-a-human-right</p> <p>CHEN, W., YAN, L. y ZHAO, H. (2015). Seasonal variations of atmospheric pollution and air quality in Beijing. <i>Atmosphere</i>, 6, pp. 1753-1770 .</p> <p>DE BRUYN, S. y DE VRIES, J. (2020). <i>Health costs of air pollution in European cities and the linkage with transport. CE Delft</i>. Disponible en: https://epha.org/wp-content/uploads/2020/10/final-health-costs-of-air-pollution-in-european-cities-and-the-linkage-with-transport.pdf</p>	<p>DE GREGORIO HURTADO, S. (2019). <i>Algunos retos pendientes de la movilidad urbana en el distrito Centro de Madrid</i>. Ayuntamiento de Madrid.</p> <p>ECOLOGISTAS EN ACCIÓN (2020). <i>La calidad del aire español durante 2020</i>. Disponible en: https://www.ecologistasenaccion.org/174350/la-contaminacion-atmosferica-cae-a-sus-niveles-mas-bajos-de-la-ultima-decada-2/</p> <p>EEA (2020). <i>Air quality in Europe: 2019</i>. Disponible en: https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2020-report</p> <p>EEA (2021). <i>Air quality in Europe: 2021 report</i>. Disponible en: https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2021</p> <p>EUROPEAN COMMISSION (2004). Directive 2004/107/EC of the European parliament and of the Council relating to arsenic, cadmium, mercury, nickel and polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air.</p> <p>EUROPEAN COMMISSION (2004). <i>Reclaiming City Streets for People: Chaos Or Quality of Life?</i> Office for Official Publications of the European Communities.</p> <p>EUROPEAN COMMISSION (2008). Directive 2008/50/EC of the European parliament and of the council on ambient air quality and cleaner air for Europe.</p> <p>EUROSTAT (2021). <i>Stock of vehicles by category and NUTS 2 regions</i>.</p> <p>FERRERO, B. y DE VEGA, L. (2021). El Supremo deja en el aire Madrid Central. <i>El País</i>. Disponible en: https://elpais.com/espana/madrid/2021-05-11/el-supremo-tumba-el-recurso-de-ecologistas-contra-madrid-central.html</p> <p>FRONTERA, A., FRONTERA, A., CIANFANELLI, L., VLACHOS, K., LANDONI, G. y CREMONA, G. (2020). Severe air pollution links to higher mortality in COVID-19 patients: The «double-hit» hypothesis. <i>Journal of Infection</i> 81(2), pp. 255-259.</p> <p>GOINES, L. y HAGLER, L. C. M. (2007). Noise Pollution: A Modern Plague. <i>South Med J</i>, 100(3), pp. 287-94. doi: 10.1097/smj.0b013e3180318be5</p>	<p>HAGESTAD, G. O. y UHLENBERG, P. (2006). Should We Be Concerned About Age Segregation?: Some Theoretical and Empirical Explorations. <i>Research on Aging</i>, 28(6), pp. 638-653. https://doi.org/10.1177/0164027506291872</p> <p>HEI (2018). <i>State of Global Air</i>. Boston: Boston: Health Effects Institute. https://www.stateofglobalair.org/sites/default/files/soga_2019_report.pdf</p> <p>INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y EL AHORRO DE LA ENERGÍA (2019). <i>Guía IDAE: Planes de Transporte al Trabajo: Muévete con un Plan</i>. Disponible en: https://www.movilidad-idae.com/sites/default/files/2019-06/Guia-IDAIE-019_PTT.PDF</p> <p>LANZI, E. (2016). <i>The Economic Consequences of Outdoor Air Pollution</i>. Organization for Economic Cooperation and Development. Disponible en: https://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/Policy-Highlights-Economic-consequences-of-outdoor-air-pollution-web.Pdf</p> <p>LEBRUSÁN, I. (2020). Las dificultades para habitar en la vejez. <i>Documentación Social</i>, 1 (1). Disponible en: https://documentacion-social.es/tag/ageing-in-place/</p> <p>LEBRUSÁN, I. (2021). ¿No es ciudad para viejos?: Los ODS y la experiencia de envejecer en las ciudades españolas. En M. GONZÁLEZ y S. DE GREGORIO, S. (coord.), <i>Políticas urbanas y localización de los objetivos de desarrollo sostenible: teoría y práctica</i>, pp. 359-383. Valencia: Tirant lo Blanch.</p> <p>LEBRUSÁN MURILLO, I. (2019). <i>La vivienda en la vejez: problemas y estrategias para envejecer en sociedad</i>. Politeya: estudios de política y sociedad. Madrid: CSIC.</p> <p>LEBRUSÁN, I. y TOUTOUH, J. (2019): Assessing the environmental impact of car restrictions policies: Madrid Central case. <i>Ibero-American Congress of Smart Cities</i>, pp. 9-24. Springer, Cham.</p> <p>LEBRUSÁN, I. y TOUTOUH, J. (2020). Using Smart City Tools to Evaluate the</p>
---	---	---

Effectiveness of a Low Emissions Zone in Spain: Madrid Central. *Smart Cities*, 3(2), pp. 456-478.

LEBRUSÁN, I. y TOUTOUH, J. (2021). Car restriction policies for better urban health: a low emission zone in Madrid, Spain. *Air Quality, Atmosphere & Health* 14(3), pp. 333-342.

MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA (2019). *Agenda Urbana Española*. Madrid. Disponible en: www.aue.gob.es

NACIONES UNIDAS (1989). Convención sobre los Derechos del Niño, 20 noviembre 1989. United Nations. *Treaty Series*, vol. 1577, p. 3. Disponible en: <https://www.refworld.org/es/docid/50ac92492.html>

NACIONES UNIDAS (2020). *Foresight brief: Challenges for the growth of the electric vehicle market*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Disponible en: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/33111/FB17.pdf?sequence=7&isAllowed=y>

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (2006a). *Air quality guidelines: global update 2005: particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide*. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/107823>

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (2006b). *Promoting physical activity and active living in urban environments*.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (2018). *WHO environmental noise guidelines for the European region*.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (2021a). *WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (2021b). *Ambient (outdoor) air pollution*. Disponible en: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

PALOMARES-LINARES, I., FERIA, J. M., y SUSINO, J. (2018). Mesura i evolució de la

mobilitat residencial en les àrees metropolitanas españolas. *Papers: Revista de Sociologia*, 102(4), pp. 545-574.

PARAJULI, A. y POJANI, D. (2018). Barriers to the pedestrianization of city centres: perspectives from the Global North and the Global South. *Journal of Urban Design*, 23(1), pp. 142-160. <https://doi.org/10.1080/13574809.2017.1369875>

PHILLIPSON, C. (2011). Developing age-friendly communities: new approaches to growing old in urban environments. En R. A. SETTERSTEN y J. L. ANGEL (eds.), *Handbook of sociology of aging*, pp. 279-293. New York: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7374-0_18

PLANELLES, E. (Madrid, 29 de junio 2019). Miles de personas salen en defensa de Madrid Central. *El País*. https://elpais.com/sociedad/2019/06/29/actualidad/1561814312_930465.html

RAASCHOU-NIELSEN, O., ANDERSEN, Z. J., BEELN, R., SAMOLI, E., STAFOGGIA, M., WEINMAYR, G., HOFFMANN, B., FISCHER, P., NIEUWENHUIJSEN, M. J., BRUNEKREEF, B., XUN, W. W., KATSOUYANNI, K., DIMAKOPOULOU, K., SOMMAR, J., FORSBERG, B., MODIG, L., OUDIN, A., OFTEDAL, B., SCHWARZE, P. E., NAFSTAD, P., DE FAIRE, U., PEDERSEN, N. L., OSTENSON, C. G., FRATIGLIONI, L., PENELL, J., KOREK, M., PERSHAGEN, G., ERIKSEN, K. T., SØRENSEN, M., TJØNNELAND, A., ELLERMANN, T., EEFTEENS, M., PEETERS, P. H., MELIEFSTE, K., WANG, M., BUENO-DE-MESQUITA, B., KEY, T. J., DE HOOGH, K., CONCIN, H., NAGEL, G., VILIER, A., GRIONI, S., KROGH, V., TSAI, M. Y., RICCI, F., SACERDOTE, C., GALASSI, C., MIGLIORE, E., RANZI, A., CESARONI, G., BADALONI, C., FORASTIERE, F., TAMAYO, I., AMIANO, P., DORRONSORO, M., TRICHOPOULOU, A., BAMIA, C., VINEIS, P. y HOEK, G. (2013). Air pollution and lung cancer incidence in 17 European cohorts: prospective analyses from the European Study of Cohorts for Air Pollution Effects (ESCAPE). *The Lancet Oncology*, 14(9), pp. 813-822. doi: 10.1016/S1470-2045(13)70279-1

SCHRAUFNAGEL, D. E., BALMES, J. R., COWL, C. T., DE MATTEIS, S., JUNG, S. H., MORTIMER, K., PÉREZ-PADILLA, R., RICE,

M. B., RIOJAS-RODRÍGUEZ, H., SOOD, A., THURSTON, G. D., TO, T., VANKER, A. y WUEBBLES, D. J. (2019). Air pollution and noncommunicable diseases: A review by the Forum of International Respiratory Societies' Environmental Committee, Part 2: Air pollution and organ systems. *Chest*, 155(2), pp. 417-426. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.chest.2018.10.041>

SONI, N. (2016). Benefits of pedestrianization and warrants to pedestrianize an area. *Land Use Policy*, 57, pp. 139-150. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.05.009>

STEELE, C. (2001). A critical review of some traffic noise prediction models. *Appl Acoust*, 62 (3), pp. 271-287. [https://doi.org/10.1016/S0003-682X\(00\)00030-X](https://doi.org/10.1016/S0003-682X(00)00030-X)

TOBON, M., JARAMILLO, J. P. y SARMIENTO, I. (2018). Pedestrianization and semi-pedestrianization: a model for recovery public space in the Medellín downtown. En: *MOVICI-MOYCOT joint conference for urban mobility in the smart city*, pp. 1-7. <https://doi.org/10.1049/ic.2018.0024>

TONUCCI, F. (2005). Citizen child: Play as welfare parameter for urban life. *Topoi*, 24, pp. 183-195.

TOUTOUH, J., LEBRUSÁN, I. y NESMACHNOW, S. (2020). Computational intelligence for evaluating the air quality in the center of Madrid, Spain. En: *International Conference on Optimization and Learning*, pp. 115-127. Cham: Springer.

UITP (UNION INTERNATIONALE DES TRANSPORTS PUBLICS). <https://www.uitp.org/data/>

WAHL, H.-W. y WEISMAN, J. (2003). Environmental gerontology at the beginning of the new millennium: reflections on its historical, empirical, and theoretical development. *The Gerontologist ('The Forum')*, 43, pp. 616-627.

WARD, S. V. (2010). What did the Germans ever do for us? A century of British learning about and imagining modern town planning. *Plan Perspect*, 25(2), pp. 117-140. <https://doi.org/10.1080/02665431003612883>

COLABORADORES EN ESTE NÚMERO

ARCOS-VARGAS, Ángel. Es doctor ingeniero industrial (2002) y doctor en Economía (2019) por la Universidad de Sevilla. Completó su formación en I.I. Santelmo (2002 y 2016) y Harvard Business School (2012). Ha compatibilizado su labor profesional en el sector eléctrico con la Universidad, alcanzando posiciones internacionales de alta dirección (EVP), siendo actualmente profesor titular en la Universidad de Sevilla. Ha participado en más de 30 proyectos de I+D, autor de más de 50 artículos académicos y registrado tres invenciones en la OEPM. Sus principales preocupaciones son la energía, la sostenibilidad, la regulación, los modelos de negocio, así como las políticas económicas y energéticas.

ASENSIO, Javier. Es licenciado en Economía por la Universidad Autónoma de Barcelona, M.Sc por la Universidad de Reading (Reino Unido) y doctor en Economía por la UAB, en cuyo departamento de Economía Aplicada es profesor titular. Desarrolla su investigación en el campo de la economía del transporte y la organización industrial empírica. Ha publicado los resultados de sus investigaciones en revistas como: *Urban Studies*, *Transport Reviews*, *Transportation Research (A y E)* o *Energy Economics*. Ha llevado a cabo estancias de investigación en las universidades de Montreal, London City e Imperial College. Es investigador asociado del Institut d'Economia de Barcelona (IEB).

BERRONE, Pascual. Es el director académico del Executive MBA en Madrid, profesor ordinario de Dirección Estratégica y titular de la Cátedra Schneider Electric de Sostenibilidad y Estrategia de Negocio en el IESE. También es vicepresidente de la Iberoamerican Academy of Management. El profesor Berrone es licenciado en Administración de Empresas por la Universidad Católica de Córdoba (Argentina), titulado en Alta Dirección y Negocios Internacionales por la FUNCER Business School, y doctor en Economía de la Empresa y Métodos Cuantitativos por la Universidad Carlos III de Madrid.

BRITO RUIZ, Esther. Es ayudante de investigación en el IESE Business School, licenciada en Género, Paz y Seguridad por la London School of Economics y en Administración de Empresas por la Universidad Pontificia Comillas. Actúa como directora de investigación en el Strategic Policy Group y editora en iVolunteer International. Anteriormente fue Global Shaper en el Foro Económico Mundial y cofundadora de la ONG Empowering Diversity in Tech & Startups.

BURRIEZA, Javier. Es ingeniero de Caminos, Canales y Puertos por la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) y el Royal Institute of Technology (KTH), con especialización en Planificación Urbana Sostenible. En 2018 se incorporó a Nommon como consultor de movilidad, llevando a cabo proyectos de planificación de transporte y gestión de la movilidad basados en soluciones *big data*. Desde 2020 es el responsable del área de

Transporte y Movilidad de Nommon, dirigida a desarrollar soluciones de modelado de transporte y analítica predictiva basadas en la explotación de nuevas fuentes de datos.

FERNÁNDEZ GÓMEZ, Jorge. Es investigador sénior y coordinador del área de energía de Orkestra-Instituto Vasco de Competitividad (Fundación Deusto) desde marzo de 2018. Doctor en Economía por la Universidad de Georgetown (Washington DC), Jorge cuenta con una amplia experiencia profesional en el sector de la energía. En Orkestra lleva a cabo investigación sobre la transición energética y la movilidad sostenible, principalmente. Antes de unirse a Orkestra, Jorge fue director de Análisis en MIBGAS, director técnico de Iberian Gas Hub, director general adjunto de Intermoney Energía y consultor en NERA Economic Consulting.

GONZÁLEZ SAVIGNAT, Mar. Profesora titular del Departamento de Fundamentos del Análisis Económico e Historia e Instituciones Económicas de la Universidad de Vigo. Doctora en Economía por la misma universidad. Ha realizado estancias de investigación de varias universidades e instituciones como el Institute for Transport Studies (ITS, University of Leeds) o la University of Liverpool. Ha participado en proyectos de I+D financiados en convocatorias públicas del Banco de España y diversos ministerios españoles, así como en convenios de colaboración universidad-empresa con Mercer Management Consulting, Analistas Financieros Internacionales (AFI) y AENA. Sus investigaciones han sido publicadas en revistas tales como: *Journal of Transport Economics and Policy*, *Transport Reviews*, *International Journal of Transport Economics*, *Información Comercial Española* o *Papeles de Economía Española*, entre otras.

LEBRUSÁN, Irene. Es doctora en Sociología (UCM). Su investigación posdoctoral en la Universidad de Harvard (Harvard Law School, 2018-2020) se centró en la desigualdad y el derecho a la vivienda y su tesis recibió el premio de Investigación en Economía Urbana del Ayuntamiento de Madrid en 2017. Desde 2009 trabaja en investigaciones interdisciplinarias sobre procesos urbanos y territoriales, vivienda y cuestiones asociadas a la vejez y el envejecimiento, entre otras líneas de investigación. Es autora del libro *La vivienda en la vejez* (Colección Politeya, CSIC) y del blog «Envejecer en sociedad» (CENIE). Fue investigadora visitante en la Universidad de Swansea y, en la actualidad, colabora con diferentes universidades nacionales e internacionales.

LÉRIDA NAVARRO, Carlos. Docente e investigador perteneciente al Departamento de Estructura Económica y Economía del Desarrollo de la UAM. Línea principal de investigación en Economía del Transporte y liberalización y eficiencia de los mercados de transporte. Cuenta con publicaciones de artículos en diversas revistas internacionales y nacionales de prestigio.

LLOBET, Gerard. Profesor titular del CEMFI. Se graduó en Ciencias Económicas y Empresariales por la Universitat Pompeu Fabra y obtuvo su doctorado en economía por la Universidad de Rochester en el año 2000. La mayor parte de su investigación se encuentra a caballo entre las áreas de economía industrial y de la innovación. Algunos de sus trabajos más recientes estudian como los derechos de propiedad intelectual afectan los incentivos a innovar y a hacer sus tecnologías disponibles en las organizaciones de establecimiento de estándares. Sus investigaciones han sido publicadas en revistas como el *Journal of Political Economy*, *Management Science*, *Review of Financial Studies* o el *Journal of Law and Economics*. También es activo en la divulgación

del conocimiento económico al público en general. Es un colaborador habitual del blog *Nada es Gratis* del que también ha sido editor.

MATAS, Anna. Catedrática de Economía Aplicada en la UAB y miembro del Grupo de Investigación en Economía Aplicada (GEAP). Actualmente, dirige la línea de Infraestructura y Transporte del Institut d'Economia de Barcelona (IEB). Su investigación se ha desarrollado, principalmente, en el área de la economía del transporte. Ha participado de manera continuada en proyectos de investigación del Plan Nacional y actualmente es investigadora principal de uno de ellos. Sus trabajos se han publicado en revistas como: *Transportation Research, Transport Policy, Regional Studies, Papers in Regional Science, Applied Economics and Energy Economics*.

MARQUET, Oriol. Doctor en Geografía (Universidad Autónoma de Barcelona, 2015) y máster en Estudios Territoriales y de la Población (UAB, 2012). Licenciado en Geografía y en Historia, actualmente es investigador en el Grupo de Estudios en Movilidad, Transporte y territorio (GEMOTT) del Dpto. de Geografía de la UAB. Es investigador Ramon y Cajal y anteriormente ha desarrollado su carrera en el Center for Geospatial Analytics (North Carolina State University) y en ISGlobal (Instituto de Salud Global Barcelona). Sus líneas de investigación se centran en los hábitos de transporte y en cómo el urbanismo influye en la movilidad. Actualmente imparte clase en el Grado de Gestión en Ciudades Inteligentes de la UAB, y el Máster en Estudios Interdisciplinarios en Sostenibilidad Ambiental, Económica y Social del ICTA, entre otros.

MIRALLES-GUASCH, Carme. Catedrática en Geografía (Universidad Autónoma de Barcelona, 2019), vicerrectora de Campus, Sostenibilidad y Territorio de la UAB y directora del Grupo de Estudios de Movilidad, Transporte y Territorio del Dpto. de Geografía de la UAB. Docente en programas de doctorado y en posgrados en distintas universidades españolas y extranjeras, ha dirigido numerosos proyectos relacionados con la movilidad y el transporte en ámbitos urbanos y metropolitanos. Sus principales líneas de investigación se centran en la movilidad cotidiana y las dinámicas de género. Actualmente imparte clase en el Grado de Geografía de la UAB, y el Máster en Estudios Territoriales y Planeamiento de la UAB, entre otros.

MORAL RINCÓN, María José. Profesora titular de Economía Aplicada en la UNED y doctora por la Universidad Complutense de Madrid (1999). En 2001-2002 realizó una estancia en el Departamento de Economía de la Universidad de Harvard. Sus áreas de interés abarcan la Organización Industrial, en especial política de la competencia, regulación y medioambiente. Su investigación se ha publicado en *Rand Journal of Economics, International Journal of Industrial Organization, Transportation Research Part A: Policy and Practice* o *Papers in Regional Science*. Entre 2008-2016 fue editora de la revista *Papeles de Economía Española*; desde 2017 es coordinadora del Observatorio Funcas de la Empresa y la Industria (OFEI).

NOMBELA, Gustavo. Profesor e investigador de Economía Pública, en materias de regulación, política de competencia, infraestructuras y

servicios de transporte. Autor de un manual universitario de Economía del Transporte y numerosos artículos en revistas especializadas. Ha participado en proyectos de la Comisión Europea y Banco Mundial.

PERDIGUERO, Jordi. Profesor agregado del Departamento de Economía Aplicada de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), miembro del Grup de Recerca en Economia Aplicada (GEAP) y del Institut d'Economia de Barcelona (IEB). Sus principales líneas de investigación han sido la Economía del Transporte y la Economía Energética, publicando artículos en revistas como: *Journal of Transport Economics and Policy, Transport Policy, Journal of Transport Geographhy, Transportation Research: Part D, International Journal of Transport Economics, Energy Economics, Energy Policy* o *Review of Industrial Organization*.

RICART, Joan Enric. Fellow de la SMS y de EURAM es profesor del Dirección Estratégica y dirige la Cátedra Carl Schroeder en el IESE Business School. En 1993 fue nombrado director del Departamento de dirección Estratégica hasta julio de 2016. Asimismo, fue director del Programa Doctoral (1995-2006); decano Asociado de Investigación (2001-2006). Fue el presidente fundador de la Academia de Dirección Europea (EURAM), director del Centro de Globalización y Estrategia, codirector académico del IESE Cities in Motion y director académico de UN Center of excellence of PPP for Cities.

ROIG-COSTA, Oriol. Investigador predoctoral en el Departamento de Geografía de la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB) y máster en Estudios Interdisciplinarios en Sostenibilidad Ambiental, Económica y Social del ICTA (UAB). Graduado en Economía por la Universidad Pompeu Fabra (UPF) actualmente desarrolla la tesis doctoral sobre modos de micromovilidad y su potencial impacto en entornos urbanos. Entre sus intereses de investigación se incluyen la movilidad cotidiana, los fenómenos urbanos y el espacio público.

TOUTOUH, Jamal. Es profesor ayudante doctor en la Universidad de Málaga y colabora con el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), donde fue investigador posdoctoral Marie-Curie. Su investigación se centra en el estudio de los fundamentos de la inteligencia artificial (IA), diseño de nuevos métodos y algoritmos y la aplicación de soluciones basadas en IA para el análisis y abordaje de problemas relacionados con las Ciudades Inteligentes y el Cambio Climático. Su tesis doctoral fue premiada como la Mejor Tesis Doctoral Española en el Dominio de las Ciudades Inteligentes (2018) por la Asociación Española para la Inteligencia Artificial.

TRÁNCHEZ MARTÍN, José Manuel. Profesor e investigador en el Departamento de Economía Aplicada y Gestión Pública en la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). Junto a otras líneas de investigación, ha participado como coautor en diversas publicaciones nacionales e internacionales relacionadas con el ámbito de la economía del transporte y la liberalización y eficiencia de los mercados de transporte.

PUBLICACIONES DE FUNCAS

Últimos números publicados:

PAPELES DE ECONOMÍA ESPAÑOLA

N.º 169. La innovación, un desafío inaplazable

N.º 170. Las finanzas tras la pandemia

PANORAMA SOCIAL

N.º 33. Los estragos sociales de la pandemia ante el horizonte post-COVID

N.º 34. El trabajo y el empleo del futuro: debates, experiencias y tendencias

CUADERNOS DE INFORMACIÓN ECONÓMICA

N.º 285. Presupuestos 2022: confiando en el ciclo y en los fondos europeos

N.º 286. La política económica ante el brote de inflación

SPANISH ECONOMIC AND FINANCIAL OUTLOOK

Vol. 10. N.º 6 Spain's bumpy post-COVID-19 recovery

Vol. 11. N.º 1 Policy challenges and implications two years after the pandemic

PAPELES DE ENERGÍA

N.º 15. Artículos seleccionados del XVI Congreso anual de la Asociación Española para la Economía Energética

N.º 16. Los riesgos del cambio climático y de la transición energética, y sus implicaciones para el sector financiero

ESTUDIOS DE LA FUNDACIÓN

N.º 98. Envejecimiento y capital social: la importancia de las redes de amigos y la participación social en el bienestar individual

LIBROS

Marketing digital y big data. Nora Lado y Daniel Peña (editores)

PRECIO DE LAS PUBLICACIONES

AÑO 2022

Publicación	Suscripción		
	Suscripción anual	Edición papel (euros)	Gastos de envío (euros)
Papeles de Economía Española	4 números	55	España 8
			Europa 40
			Resto del mundo 80
Cuadernos de Información Económica	6 números	45	España 12
			Europa 60
			Resto del mundo 120
Panorama Social	2 números	25	España 4
			Europa 20
			Resto del mundo 40
Spanish Economic and Financial Outlook	6 números	35	España 12
			Europa 60
			Resto del mundo 120
Papeles de Energía	4 números	25	España 8
			Europa 40
			Resto del mundo 80
Publicaciones no periódicas (Libros, Estudios...) disponibles solamente en formato digital gratuito.			

Los precios incluyen el IVA.

Forma de pago: domiciliación bancaria, transferencia bancaria.

Descuento editorial: 10 % a bibliotecas, librerías y agencias.

Todas nuestras publicaciones se pueden descargar, de forma gratuita, en www.funcas.es

<http://www.funcas.es/Publicaciones>

publica@funcas.es

