

## 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 (NO<sub>2</sub>) 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](https://www.ine.es/experimental/movilidad/experimental_em.htm) [último acceso 9 noviembre 2021]

(8) <https://observatoriortransporte.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/](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 TRAPERO, 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: <a href="https://www.ine.es/censos2021/proyecto_caracteristicas_esenciales.pdf">https://www.ine.es/censos2021/proyecto_caracteristicas_esenciales.pdf</a> (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.