

AUTORES

**Manuel
Pérez Bravo**

ICAI-Comillas

Pedro Linares

ICAI-Comillas y senior fellow
en EsadeEcPol

Jorge Galindo

EsadeEcPol

Cómo son los viajes de media y larga distancia en España y qué hacer para reducir sus emisiones

EsadeEcPol Insight #52 Enero 2025

RESUMEN EJECUTIVO

España se ha marcado unos objetivos muy ambiciosos para la descarbonización del sector transporte: una reducción de emisiones de CO₂ del 34% para 2030, y un 60% para 2040, y un 90% para 2050. A largo plazo los cambios estructurales (desarrollo de infraestructuras ferroviarias, penetración del vehículo eléctrico, modificación de la oferta y demanda de transporte...) jugarán un papel central en ello, pero para los objetivos a menos de 7 años es imprescindible pensar en cambios implementables con las condiciones de infraestructura, oferta y demanda existentes.

Las ciudades están ya introduciendo distintas políticas que tratan de reducir las emisiones de CO₂ asociadas al transporte. Pero no es la movilidad urbana la que supone la mayoría de las emisiones en nuestro país: el transporte interurbano de pasajeros representa entorno al 42% del total de las emisiones del transporte, y entre un 60% y un 65% del total de las emisiones asociadas con el transporte de pasajeros. Ello nos motiva en este brief a analizarlo a fondo.

Primero caracterizamos los flujos de transporte interurbano actuales y sus alternativas de transporte público a partir de la explotación de 13+ millones de data points provenientes de teléfonos móviles. Según nuestras estimaciones,

- el transporte interurbano de más de 30km solo representa un 7% de los desplazamientos, pero un 64% de los kilómetros recorridos en total
- De estos, un 52% son movimientos entre áreas urbanas y rurales, y un 33% entre zonas urbanas.

Centrándonos en estos desplazamientos originados en áreas urbanas que son los que acumularán más peso de emisiones (y por tanto mayor potencial para reducir las), comparamos el tiempo de desplazamiento en coche y en ferrocarril (electrificado en su práctica totalidad) para cada origen y cada viaje con el objetivo de entender en qué medida el cambio a este modo podría suponer una reducción de emisiones a corto plazo. Al comparar los obtenemos una ratio para cada punto de origen o para cada ruta, que cuando es menor que 1 representa que el tren es más rápido en esos casos; y a medida que se aleja del 1 el coche se vuelve más rápido comparativamente. Mirando primero los viajes por área urbana de origen, encontramos que:

- Para ningún área de origen la ratio media es inferior a 1 (es decir, el tren nunca es más rápido que el coche en tiempos medios de viaje, ponderado para los diferentes destinos

de un mismo origen), pero para 25 de las 74 analizadas sí es inferior a 2, sugiriendo que para una tercera parte de las áreas urbanas el tren sí puede resultar una alternativa competitiva para todas las rutas con origen en ellas, en la que focalizar esfuerzos.

- El tren es menos competitivo para viajes con origen en áreas urbanas más alejadas del centro de la Península, reflejando el diseño más bien radial de nuestras infraestructuras.

De manera complementaria, observamos los datos ruta a ruta (considerando parejas de origen – destino):

- En las conexiones entre áreas urbanas con presencia de ferrocarril de alta velocidad, la correlación entre la ratio de tiempos tren/coche y el porcentaje de viajes que efectivamente escogen el tren es clara, de manera que allá donde el tren es más rápido que el coche casi siempre más del 20% de los viajes se producen en tren.
- Hay, sin embargo, un grupo de rutas de alta velocidad en las que esta ratio sigue siendo muy favorable al coche. Y en otras, aunque es favorable al tren el coche se usa más del 80% de las veces para cubrirlas. En ellas valdría la pena analizar por qué la presencia de alta velocidad no está absorbiendo suficiente demanda.
- En el total de las rutas, incluyendo aquellas en las que no está disponible la alta velocidad”, con la infraestructura actual el ferrocarril sólo es competitivo (en términos de tiempo de desplazamiento) en una minoría de viajes entre municipios (rurales o urbanos) de media y larga distancia: solo un 18% presentan una ratio inferior a 1.

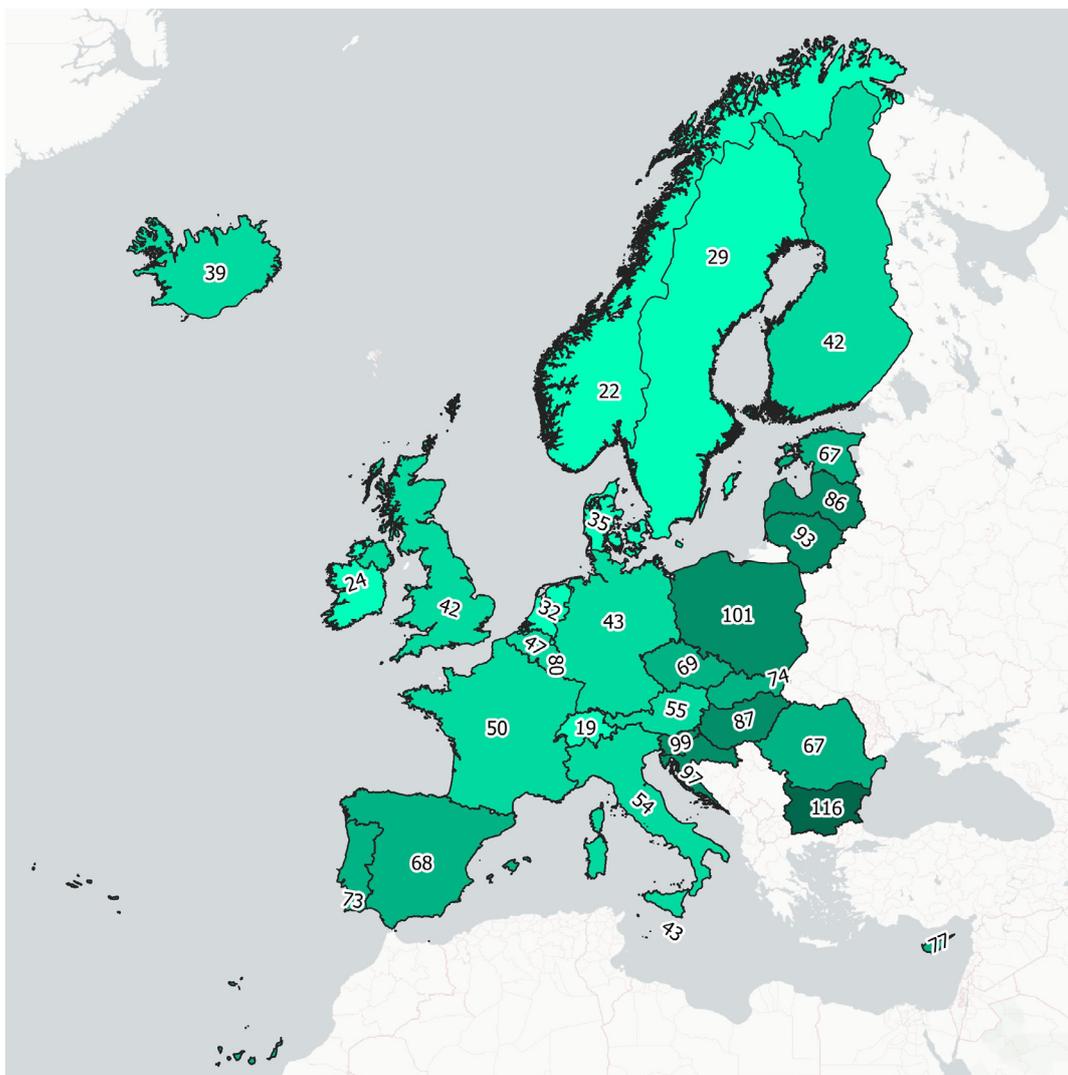
Este análisis nos permite realizar una serie de recomendaciones para incentivar el cambio modal en el transporte interurbano:

- Para poder descarbonizar el transporte interurbano, aumentar la eficiencia energética es la primera de las medidas con mayor impacto, aumentando la tasa de ocupación de los vehículos tanto en carretera como por ferrocarril.
- En segundo lugar, descarbonizar cada modo en sí puede seguir diferentes sendas: el ferrocarril ya está en gran parte electrificado en España, por lo que con un aumento de la penetración de renovables en red, la descarbonización de este modo tiene recorrida una gran parte del camino. Sin embargo, el transporte público por carretera tiene todavía algunos retos tecnológicos y de implementación de infraestructuras, tal y como comentamos a continuación”
- En aquellas rutas donde el ferrocarril ya es competitivo en tiempo con el vehículo privado, pero sigue mostrando cuotas muy bajas, revisar frecuencias, así como disponibilidad del servicio, velocidades y mecanismos afectados a los precios. Por ejemplo: las rutas con una ratio igual o inferior a 1 y una cuota por debajo del 20%, que incluyen Barcelona-Lleida, Sevilla-Córdoba, Madrid-Córdoba, Madrid-Pamplona y Madrid-Granada.
- En aquellas áreas donde el ferrocarril no sea competitivo, y siempre considerando que en algunas terminará siendo si se da el apropiado cambio de infraestructura a tal efecto, será conveniente hacer competitivo el autobús bajo en emisiones, lo que supone tanto promover el despliegue de este tipo de tecnologías (sólo un 7,5% del total está descarbonizado, y concentrado en viajes urbanos) como revisar sus precios, en muchos casos no competitivos con el vehículo privado;
- Desarrollar incentivos, o impulsar los sistemas de uso compartido, que permitan aumentar la tasa de ocupación de los vehículos privados en desplazamientos interurbanos, en particular en las rutas no servidas por el transporte público;
- Finalmente, es preciso acelerar la expansión de puntos de recarga para vehículos eléctricos precisamente en las zonas con mayor déficit (menos densas), para favorecer el uso de estos vehículos en los desplazamientos interurbanos que no cuentan con alternativas de transporte público.

1. La descarbonización del transporte en España

El sector del transporte es el principal emisor de gases de efecto invernadero en la economía española, con más de un 28% de las emisiones totales en 2023, por lo que su descarbonización es prioritaria para alcanzar los compromisos globales de reducción de emisiones de nuestro país. Pero, por otra parte, este sector es estratégico para la economía española, tanto por las características geográficas del país, la desigual distribución territorial, o por la relevancia del turismo o la construcción, sectores muy dependientes del transporte. Así, la intensidad de emisiones del transporte con respecto al PIB en España se sitúa entre los valores más elevados de Europa, como muestra el gráfico siguiente:

Gráfico 1. Intensidad de emisiones del transporte respecto del PIB en países europeos (MtCO₂/M€)



Fuente: Eurostat | EsadeEcPol

Esto hace la descarbonización del transporte en España una tarea compleja, más aún teniendo en cuenta que la demanda de movilidad ha venido creciendo de forma sostenida en los últimos años, al contrario de lo que ha sucedido en otros países europeos. Así, en la tabla siguiente puede observarse cómo el volumen de transporte relativo al PIB (medido con respecto a 2015) ha aumentado en España para las mercancías, situándose muy por encima de la evolución de otros países europeos, mientras que el volumen de transporte de pasajeros, que sí se ha reducido con respecto al PIB, lo ha hecho mucho menos que otros países que han logrado reducir esta intensidad en más de un 30%.¹

Tabla 1. **Transporte relativo al PIB en países europeos / 2015.**

País	Volumen de transporte de mercancías respecto a 2015 (2015=100)	País	Volumen de transporte de pasajeros respecto a 2015 (2015=100)
Letonia	50	Irlanda	66
Lituania	59	Suecia	70
Estonia	64	Croacia	72
Irlanda	68	Bulgaria	72
Luxemburgo	77	Países Bajos	72
Portugal	81	Malta	73
Bélgica	88	Italia	74
Países Bajos	89	Alemania	76
Dinamarca	90	Chipre	76
Bulgaria	92	Eslovaquia	77
Rumanía	93	Eslovenia	78
Suiza	95	Estonia	78
Croacia	96	Letonia	79
Noruega	96	España	80
Eslovaquia	97	Bélgica	80
Polonia	98	Austria	80
Suecia	99	Polonia	83
Alemania	100	Finlandia	85

¹ Ahora bien, es cierto que para leer estos datos hay que tener en cuenta que el PIB español en 2015 se encontraba en mínimos seculares debido al impacto de la Gran Recesión y la subsiguiente crisis soberana que alcanzaría de 2008 hasta prácticamente 2016. Ha de considerarse también que, en los países más desarrollados, la elasticidad de la demanda de transporte respecto al PIB es mayor para el transporte de mercancías que de pasajeros.

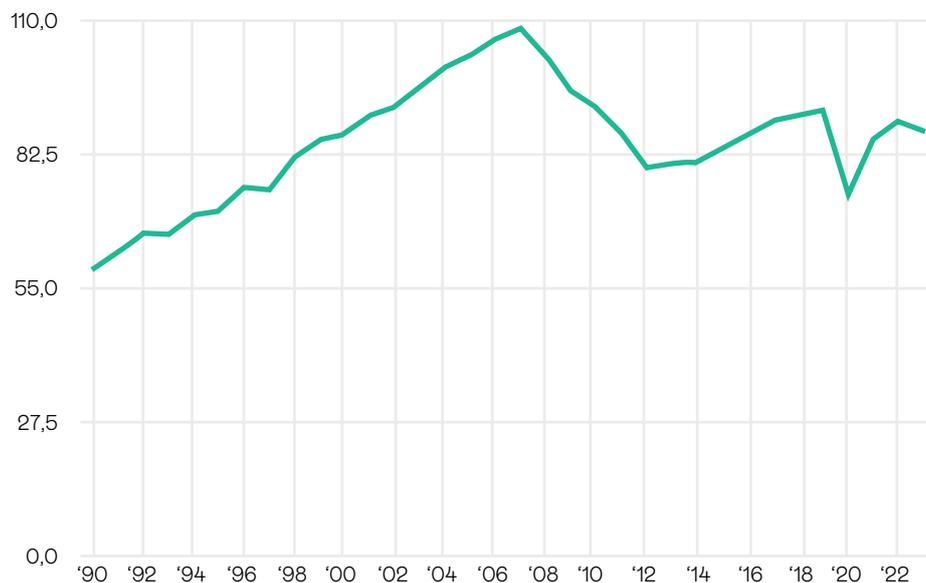
ITF Transport Outlook 2021 https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2021/05/itf-transport-outlook-2021_ff2ec9f/16826a30-en.pdf

Hungría	100	Francia	86
Eslovenia	102	Dinamarca	86
Grecia	103	Luxemburgo	86
Austria	104	Noruega	89
Francia	104	Hungría	90
República Checa	111	Grecia	90
Finlandia	114	Rumanía	91
España	114	Lituania	95
Italia	119	Portugal	98
Chipre	120	República Checa	99
Malta	-	Islandia	110
Islandia	-	Suiza	-

Fuente: Eurostat.

De hecho, a pesar de la reducción de la intensidad en el transporte de pasajeros, las emisiones del transporte han seguido creciendo desde el comienzo de la recuperación económica de 2012. Tras el episodio de la COVID-19, e incluso desde la aprobación del primer Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC), las emisiones volvieron a aumentar rápidamente, y sólo en 2023 se observa una pequeña reducción, aunque el nivel de emisiones sigue por encima de lo previsto por el PNIEC para 2025.

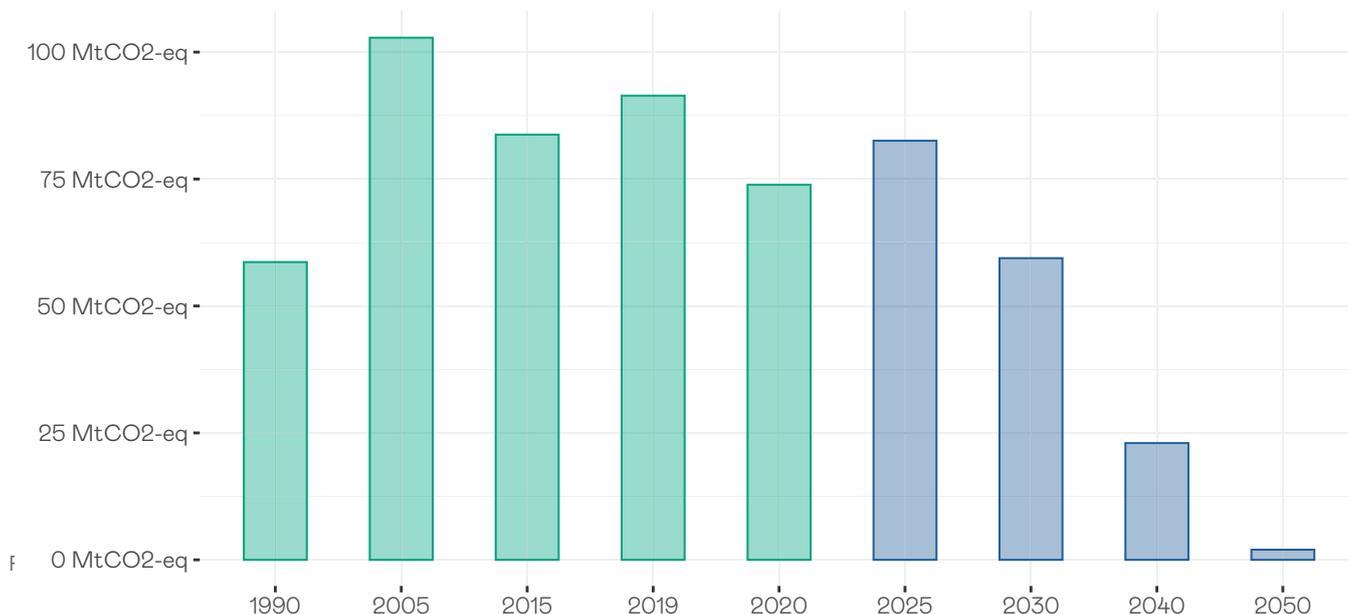
Gráfico 2. Emisiones del sector transporte en millones de toneladas por CO2 equivalente.



Fuente: OTEA, 2024.

En este contexto, los objetivos de descarbonización establecidos por el PNIEC o por la Estrategia a Largo Plazo para una Economía Española Moderna, Competitiva y Climáticamente Neutra (ELP) pueden considerarse especialmente ambiciosos. El PNIEC plantea alcanzar en 2030 una reducción del 34% sobre las emisiones registradas en 2022, mientras que la ELP propone aumentar la reducción hasta un 60% en 2040 y un 90% en 2050.

Gráfico 3. Niveles y objetivos de descarbonización del sector transporte en España.



Para lograr estos ambiciosos objetivos, es imprescindible entender dónde están las palancas sobre las que actuar. El PNIEC plantea como acciones prioritarias la electrificación y las zonas de bajas emisiones, ambas centradas por sus características en zonas urbanas. Así, muchos núcleos urbanos están ya introduciendo distintas políticas que tratan de reducir las emisiones de CO₂ asociadas al transporte.²

Sin embargo, no es la movilidad urbana la que supone la mayoría de las emisiones en nuestro país. Aunque la mayoría de la población vive, y se desplaza, en estas áreas³, los trayectos son más cortos, y la penetración del transporte público es mayor. Esto hace que, finalmente, el transporte interurbano represente entorno al 42% del total de las emisiones del transporte, y entre un 60% y un 65% del total de las emisiones asociadas con el transporte de pasajeros.

Por otro lado, la electrificación con fuentes renovables del transporte privado, que puede ofrecer una solución tecnológica evidente, no puede reducir de forma significativa las emisiones a corto y medio plazo (en el horizonte 2030), dada la lenta penetración del vehículo eléctrico, en especial en el transporte interurbano.

En cuanto al reparto entre modos, para los desplazamientos tanto de pasajeros como de mercancías, según las estimaciones del Sistema Español de Inventario de Emisiones (SEI)⁴ las emisiones derivadas del sector de la carretera son las más relevantes (92,3%), seguidas del marítimo (3,8%), el aéreo (3,4%), y por último, el transporte por ferrocarril (0,2%). Cabe destacar que el transporte por ferrocarril está en gran proporción electrificado en nuestro país, especialmente en las principales rutas de pasajeros.

Es por tanto sorprendente que el transporte interurbano, en especial por carretera, no ocupe un lugar más preeminente en el debate público, algo que este informe pretende contribuir a reequilibrar. Pretendemos en primer lugar entender cómo se mueven los españoles en el ámbito interurbano: cuáles son sus desplazamientos, qué distancias y tiempos conllevan y cómo varían estos por territorio de origen. En segundo lugar, queremos analizar las alternativas al transporte privado, y cómo se comparan con éste. A partir de este análisis podremos identificar oportunidades de cambio modal en el transporte interurbano, en el corto y medio plazo.

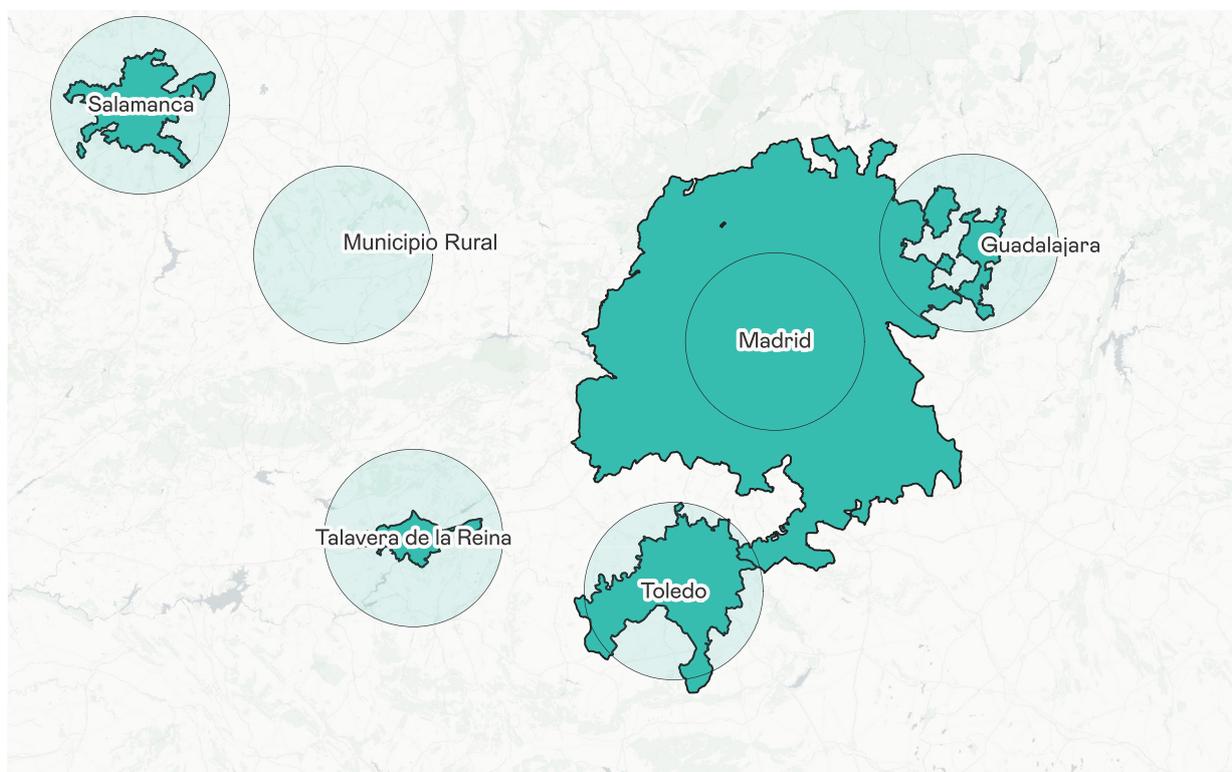
2 Las posibles estrategias para hacerlo han sido objeto de análisis de parte de EsadeEcPol en Fageda et al (2021) o Galindo et al (2022), por ejemplo.

3 Las Naciones Unidas sitúan la población urbana española en un 82% del total (<https://data.worldbank.org/indicador/SP.URB.TOTL.IN.ZS?locations=ES>), del cual un 69% reside en Grandes Áreas Urbanas de más de 50.000 habitantes, donde además se concentra más del 76% del empleo (<https://www.mivau.gob.es/urbanismo-y-suelo/suelo/atlas-estadistico-de-las-areas-urbanas>)

4 <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei.html>

Consideramos los viajes realizados dentro de áreas funcionales como urbanos/metropolitanos. Estos viajes no solo son más cotidianos y frecuentes que el resto de los viajes interurbanos, sino que tienen una menor distancia media recorrida por viaje, y, sobre todo, disponen de modos de transporte que no podrían cubrir otros viajes interurbanos (metro, trenes suburbanos, autobuses de línea, e incluso modos activos en ciertas situaciones). Además, incluimos también dentro de esta categoría los desplazamientos “de corta distancia” entre municipios de menos de 30km de distancia⁷.

Gráfico 5. Ejemplo ilustrativo de los límites de los viajes interurbanos para Madrid, Guadalajara, Toledo, Talavera de la Reina y un municipio rural hipotético.

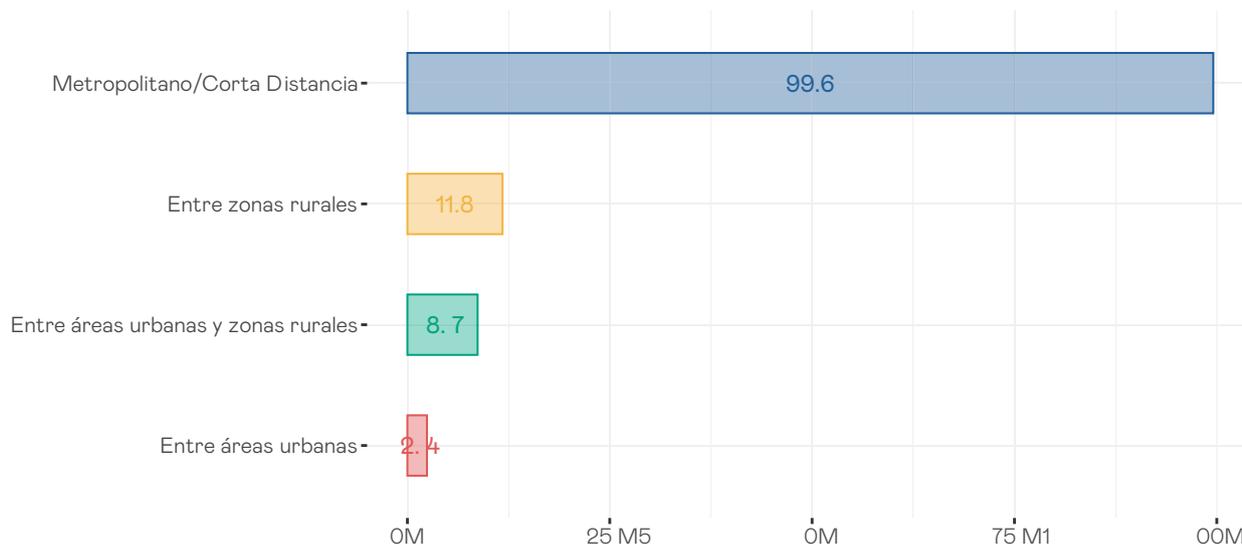


Fuente: Elaboración propia a partir de OECD y JRC | EsadeEcPol

El resto de los viajes, que consideraremos a partir de ahora interurbanos, se han clasificado en tres categorías según su origen y destino: entre áreas urbanas, entre zonas rurales, y entre áreas urbanas y rurales. La gráfica siguiente muestra su distribución.

⁷ Cabe destacar que el tamaño de las FUAs es muy variado, y es por ello que este segundo filtro es a veces redundante con la propia área metropolitana si es lo suficientemente grande (por ejemplo, Madrid), pero puede también englobar el área dentro de un perímetro mucho mayor (Talavera de la Reina). En el caso de un municipio no perteneciente a una FUA (como el municipio rural tomado como ejemplo en el Gráfico 4), los viajes de Corta Distancia serán aquellos que ocurran dentro de un perímetro de 30 kilómetros, ya que no pertenecen a ninguna FUA que extienda estos límites.

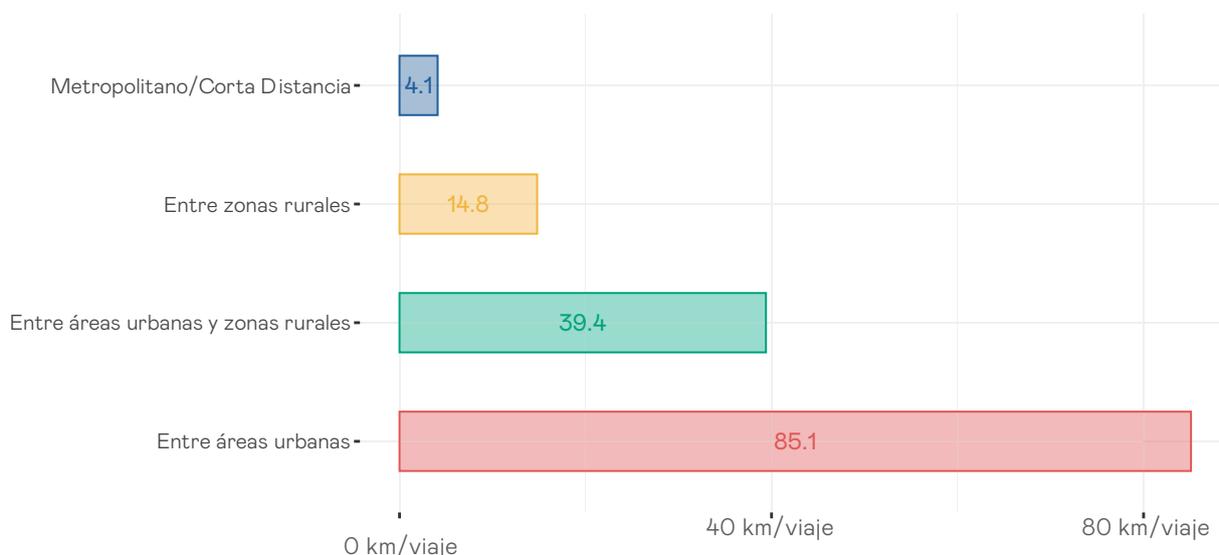
Gráfico 6. Millones de viajes al día según tipo de movilidad.



Fuente: Elaboración propia a partir de Big Data MITMA | EsadeEcPol

Como puede observarse, los viajes metropolitanos o de corta distancia son la inmensa mayoría. Sin embargo, las distancias medias que se recorren en cada uno varían de forma significativa, desde los 5 km para los metropolitanos a los 207 para los realizados entre áreas urbanas.

Gráfico 7. Distancia media por viaje según tipo de movilidad
Kilómetros/viaje



Fuente: Elaboración propia a partir de Big Data MITMA | EsadeEcPol

En el caso de los desplazamientos entre zonas urbanas, hay una gran dispersión en cuanto a su distancia. Las áreas urbanas más grandes, como Madrid, Sevilla, Zaragoza, o Barcelona, presentan viajes interurbanos considerablemente más largos que las demás áreas. Otras áreas como Sanlúcar de Barrameda o Sagunt, sin embargo, se sitúan a la cola de distancia por desplazamiento, con una media inferior a los 60 km. Estas disparidades recogen el impacto combinado de al menos tres factores: cercanía o lejanía física respecto a los puntos de interés en destino; calidad de la conexión de transporte; y, especialmente en el caso de Madrid, un componente de inercia económica y demográfica.

Tabla 2. Distancias medias de los viajes interurbanos según área urbana funcional de origen

Área Urbana Funcional	Distancia media de los viajes interurbanos	Área Urbana Funcional	Distancia media de los viajes interurbanos	Área Urbana Funcional	Distancia media de los viajes interurbanos
Madrid	182	Ferrol	98	Lleida	80
Torreveija	137	Málaga	97	Jaén	79
Barcelona	121	Castelló de la Plana	97	Mérida	79
Irún	120	Ávila	95	Logroño	78
Zaragoza	119	León	95	Palencia	78
Tarragona	113	Cartagena	94	Cádiz	77
El Puerto de Santa María	113	Córdoba	94	Linares	76
Sevilla	112	Gandía	93	Santiago de Compostela	76
Santander	111	Algeciras	93	Marbella	76
Benidorm	110	La Línea de la Concepción	92	Lugo	76
Elx	107	Badajoz	91	Toledo	74
Vigo	105	Albacete	89	Vitoria	74
Gijón	105	Pontevedra	87	Guadalajara	73
Avilés	105	Pamplona	87	Alcoi	72
A Coruña	104	Murcia	86	Cuenca	70
Granada	103	Elda	86	Ciudad Real	70
Burgos	103	Reus	86	Lorca	67
València	102	Almería	85	Rural	67
Bilbao	102	Cáceres	85	Girona	64

Chiclana de la Frontera	101	Talavera de la Reina	83	Manresa	62
San Sebastián	100	Ourense	83	Sagunt	59
Salamanca	100	Ponferrada	82	Igualada	58
Valladolid	99	Huelva	81	Jerez de la Frontera	57
Alacant	99	Zamora	81	Sanlúcar de Barrameda	51
Oviedo	98				

Fuente: Elaboración propia a partir de Big Data MITMA | EsadeEcPol

Aunando estas dos dimensiones llegamos al reparto final de desplazamientos en función de los pasajeros-km totales, la métrica de referencia en estos análisis. Los pasajeros-kilómetro miden la movilidad de pasajeros independientemente del modo de transporte utilizado: estiman cuántos kilómetros se han recorrido en total, por el total de pasajeros desplazados, en un territorio o ruta dada durante un periodo determinado. Se diferencian de los vehículos-kilómetro en la tasa de ocupación de los vehículos. Por ejemplo, si un coche lleva 3 pasajeros, producirá 3 pasajero-kilómetros cada vehículo-kilómetro recorrido

Gráfico 8. **Millones de pasajeros-kilómetro al día según tipo de movilidad**



Fuente: Elaboración propia a partir de Big Data MITMA | EsadeEcPol

Puede observarse cómo los pasajeros-km en viajes interurbanos suponen un 64% del total, y de ellos, la mayoría se realizan entre áreas urbanas y zonas rurales.

3. Alternativas al transporte privado por carretera en los diferentes territorios

Una vez analizada la tipología de los desplazamientos interurbanos en España, procedemos a evaluar en qué medida es factible, a corto y medio plazo, el cambio hacia modos de transporte menos contaminantes que el vehículo privado. Para ello, comparamos el tiempo de desplazamiento en vehículo privado con el que supondría un desplazamiento en ferrocarril.

En este contexto, es importante destacar que una de las principales medidas para descarbonizar el transporte interurbano consiste en aumentar la cuota de transporte público. Este objetivo busca incrementar la eficiencia energética mediante una mayor tasa de ocupación de los vehículos, atrayendo a más pasajeros hacia el transporte colectivo. Independientemente del modo de transporte, el hecho de contar con tasas de ocupación más altas que el vehículo privado reduce significativamente las emisiones asociadas por pasajero-kilómetro.

Entre los modos de transporte público, en este estudio consideramos específicamente el ferrocarril por razones metodológicas relacionadas con los datos disponibles. Sin embargo, el autobús no debe dejar de ser considerado como una alternativa relevante, especialmente en muchos puntos de la geografía española donde puede ser una opción de transporte colectivo más accesible. Aunque su descarbonización no sea tan sencilla a corto plazo, su potencial para contribuir a una mayor eficiencia en el transporte interurbano es indudable.

Esta aproximación presenta ciertas limitaciones: por imposibilidad metodológica no incorporamos el autobús, que es una opción de transporte colectivo más accesible en muchos puntos de la geografía española (pero que no es tan sencilla de descarbonizar a corto plazo); y sólo permite comparar suponiendo que los trayectos actuales se mantienen estables. Sin embargo, consideramos que los datos aquí vertidos dan pistas de mucho interés acerca de las posibles soluciones de corto y medio plazo para el transporte interurbano.

El criterio de comparación es el tiempo medio de acceso, para cada tipo de origen y destino, en ferrocarril y en vehículo privado. Estos tiempos de acceso son los que el sistema actual de transporte ofrece a los viajeros, no necesariamente los que conllevan en la realidad por distintas decisiones de los usuarios.

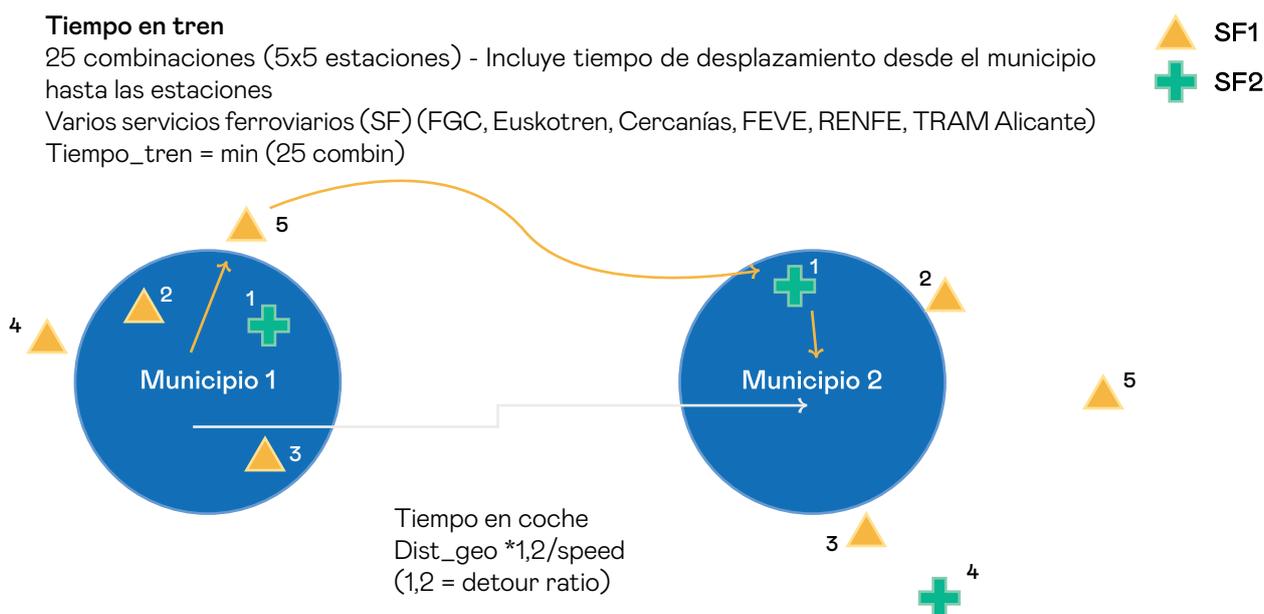
Para el vehículo privado, el cálculo del tiempo de acceso es relativamente sencillo: únicamente depende de la distancia que separa el origen del destino y de la infraestructura de carreteras existente⁸. El cálculo de los tiempos de viaje en ferrocarril es más complejo.

⁸ Se ha supuesto una velocidad media de 90 km/h, y un factor de corrección del 20% para representar posibles retrasos sobre el tiempo ideal.

En primer lugar, necesitamos recopilar toda la oferta de servicios de tren en España. Esto lo obtenemos a partir de los datos publicados por las empresas donde se detallan sus paradas, líneas, frecuencias de paso, etc. A partir de estos datos calculamos el tiempo de viaje en un día típico⁹. Sin embargo, no es posible calcular los tiempos de viaje directamente para muchos de los puntos de origen y destino, ya que muchos municipios, o bien no tienen servicio ferroviario¹⁰, o es muy poco frecuente. Por lo tanto, hemos tratado de aproximar las decisiones que tomaría un usuario de estos municipios: hemos supuesto que se desplazará por otros medios (transporte privado o autobús) hasta las estaciones de tren más próximas, y que tratará de minimizar el tiempo total de viaje¹¹. Por ejemplo, preferirá acudir a una estación de una población más grande que cuente con servicio de alta velocidad, antes que tomar un tren regional en una estación más cercana, si de esta forma se reduce el tiempo total de viaje.

El algoritmo identifica las posibles combinaciones de estaciones cercanas, y selecciona la combinación con menor tiempo de viaje como la más plausible. A esto sumamos 30 minutos para representar el tiempo de espera promedio o desplazamientos dentro de las estaciones e infraestructuras aledañas (parking, etc.).

Gráfico 9. Algoritmo de búsqueda de los tiempos de viaje en coche y en ferrocarril



Fuente: Elaboración propia | EsadeEcPol

Una vez calculados todos los tiempos de viaje en ambos modos de transporte, podemos compararlos para cada origen (ponderados en función del número de desplazamientos para cada destino realizados desde dicho origen). El gráfico 10 muestra los resultados para distintas áreas urbanas. Podemos ver cómo hay

⁹ Hemos desarrollado un algoritmo basado en código abierto en R que trabaja con los datos publicados en formato GTFS (General Transit Feed Specification) mediante los paquetes gtfrouter y gtfstools (disponibles en github)

¹⁰ El algoritmo busca entre los servicios de ferrocarril ofrecidos en España para viajes de media y larga distancia no solo sobre la red estatal (conocida como Red Ferroviaria de Interés General o RFIG), sino también sobre las redes autonómicas y metropolitanas. En la RFIG circulan trenes de RENFE, RENFE Cercanías, FEVE, y las nuevas compañías de Alta Velocidad comercial (OUIGO, IRYO). Sobre los ferrocarriles autonómicos circulan los servicios de FGC (Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya) y Euskotren (Ferrocarriles Vascos). Sobre las redes metropolitanas, el único servicio que ofrece viajes interurbanos según la clasificación establecida en este análisis es el TRAM Metropolitano de Alicante. Los datos de estas empresas de transporte han sido incluidos en el algoritmo, estableciendo por supuesto todas las conexiones posibles entre servicios de la misma empresa e incluso de las diferentes empresas

¹¹ Aunque hay viajes en los que no se trata de minimizar el tiempo de desplazamiento, consideramos que estos no son relevantes de cara a la comparación propuesta.

áreas en que la diferencia entre los modos es pequeña porque el desplazamiento habitual también lo es (p.ej. Girona), otras en que la diferencia es mayor a pesar de un desplazamiento corto (e.g. Alcoy o zonas más rurales), y otras en que la ratio entre modos es menor a pesar de contar con desplazamientos más largos (las áreas mejor conectadas por ferrocarril, como Madrid, Barcelona o Zaragoza)¹².

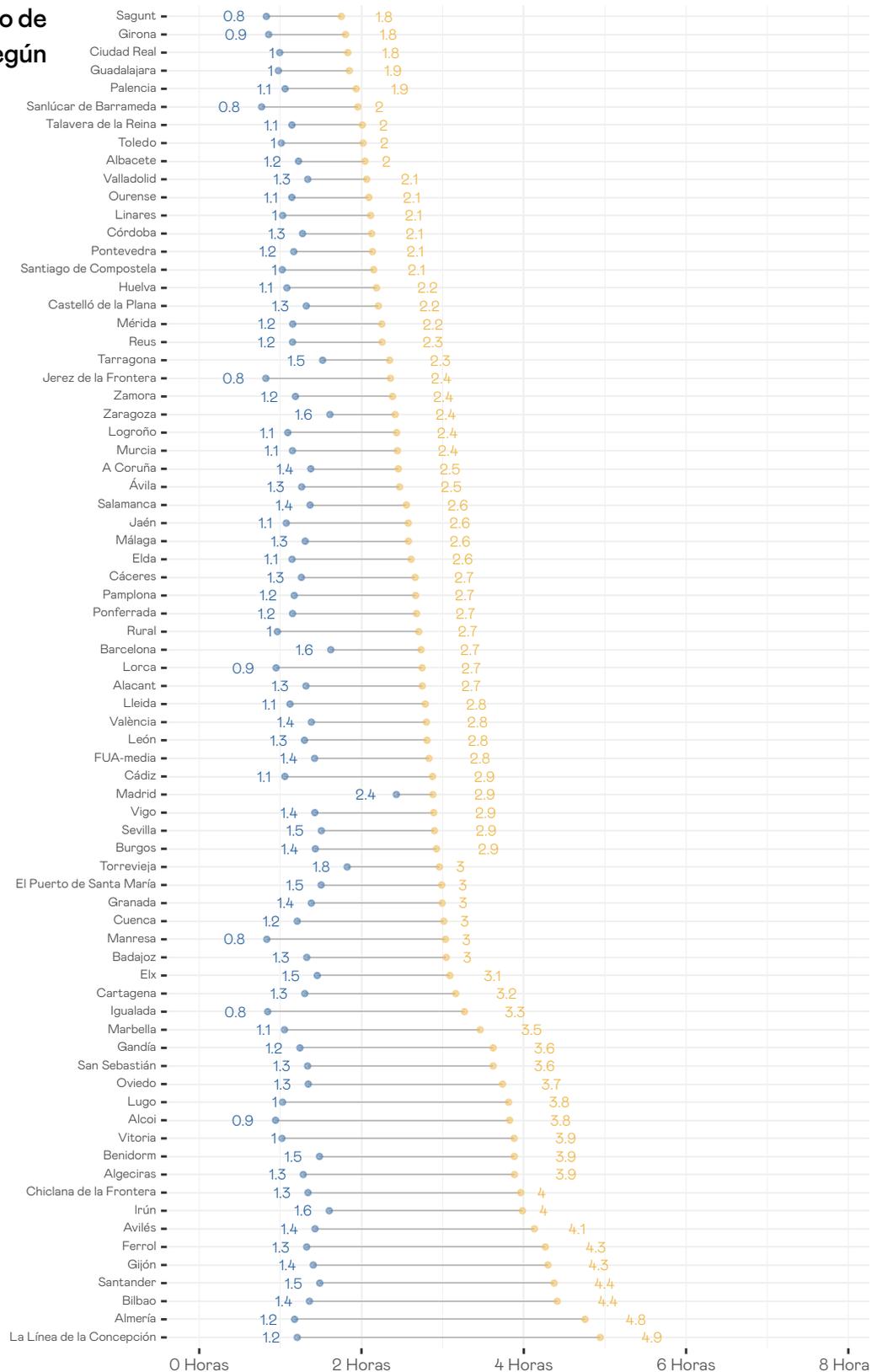
El gráfico nos ofrece una primera aproximación al nivel de competitividad del ferrocarril frente al vehículo privado, en términos de tiempo de viaje, que es, según la literatura científica, uno de los factores más relevantes para los usuarios¹³. Una métrica comúnmente utilizada para capturar esta competitividad es el cociente entre tiempos de viaje (TTR, travel time ratio). Aunque esto varía según la cultura y el motivo del viaje¹⁴, en general se suele considerar que un pasajero puede estar dispuesto a cambiar a un modo de transporte público si el TTR se sitúa entre 1 y 2; a partir de ahí, la cuota del transporte público decae notablemente¹⁵.

12 Es importante recordar que estos resultados presentan una endogeneidad evidente: se realizan viajes más largos en las áreas mejor conectadas por carretera o ferrocarril.

13 Schafer, A. & Victor, D. G. The future mobility of the world population. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 34, 171–205 (2000); Ewing, R. & Cervero, R. Travel and the built environment: A meta-analysis. *Journal of the American planning association* 76, 265–294 (2010).

Gráfico 10. Tiempo medio de los viajes interurbanos según el modo de transporte.

Modo: Coche, Tren



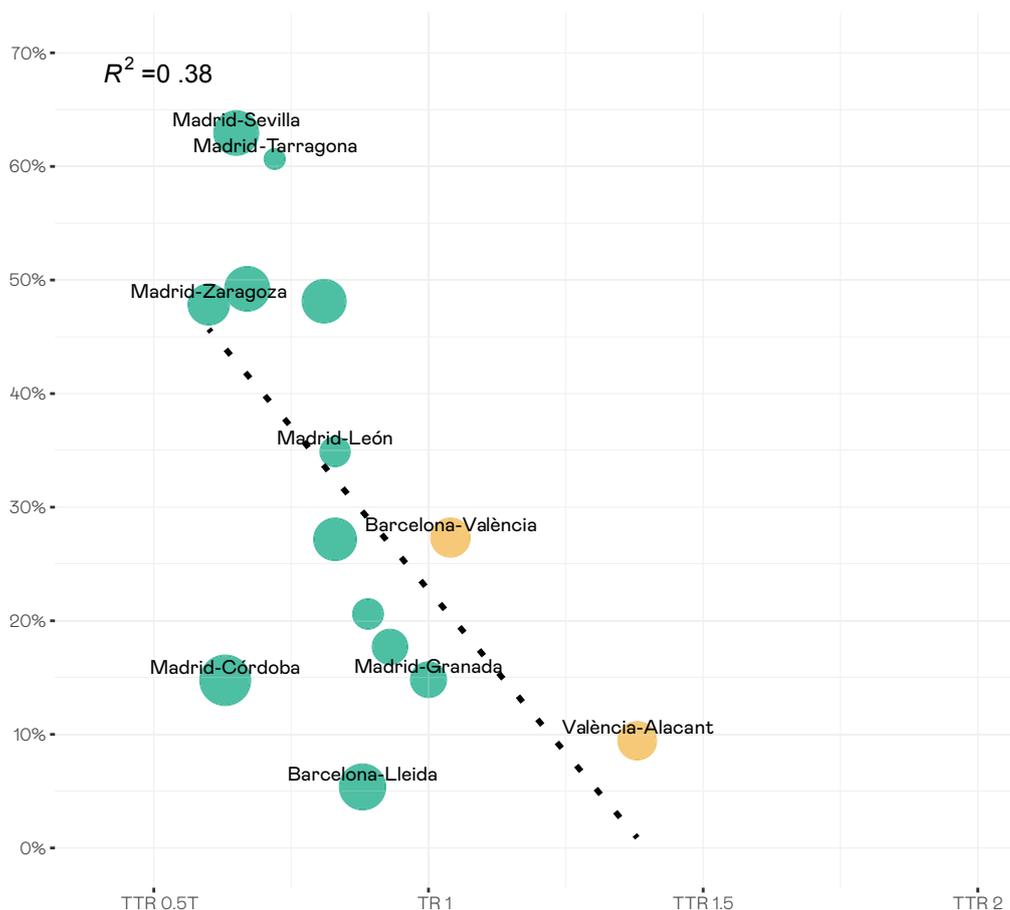
Fuente: Elaboración propia a partir de datos GTFS & MITMA Big Data | EsadeEcPol

14 S. Flügel. Accounting for user type and mode effects on the value of travel time savings in project appraisal: Opportunities and challenges. *Research in Transportation Economics*, 47 (2014), pp. 50-60
 15 Lunke, E.B., Fearnley, N., Aarhaug, J., 2021. Public transport competitiveness vs. the car: Impact of relative journey time and service attributes. *Research in Transportation Economics* 90, 101098. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2021.101098>

A este respecto, es interesante analizar la correlación que existe entre la cuota modal de la alta velocidad ferroviaria (es decir, el porcentaje de viajes que se realizan con este modo en una ruta determinada) con el TTR respecto al vehículo privado. Para ello tomamos los volúmenes de pasajeros en las rutas de alta velocidad recogidas por el Observatorio del Ferrocarril en España (2022), y los dividimos por los volúmenes totales de viajes anuales entre áreas urbanas recogidos por los datos masivos utilizados en este estudio. Algunas rutas transportan también pasajeros en trenes de velocidad convencional, que no han sido considerados para este análisis por tener ratios diferentes, por lo que las cuotas modales de la alta velocidad son menores a las totales del ferrocarril en estas rutas. Hay que recordar que los tiempos de viaje por ferrocarril incluyen el tiempo de acceso, espera, y egreso desde las correspondientes estaciones.

Gráfico 11. Relación entre el % de viajes realizados por alta velocidad en las rutas que disponen de ella y la ratio de tiempo de viaje medio entre modos

TTR: Inferior a 1, Entre 1-1,5 y superior a 1,5



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Observatorio del Ferrocarril en España (2023) | EsadeEcPol

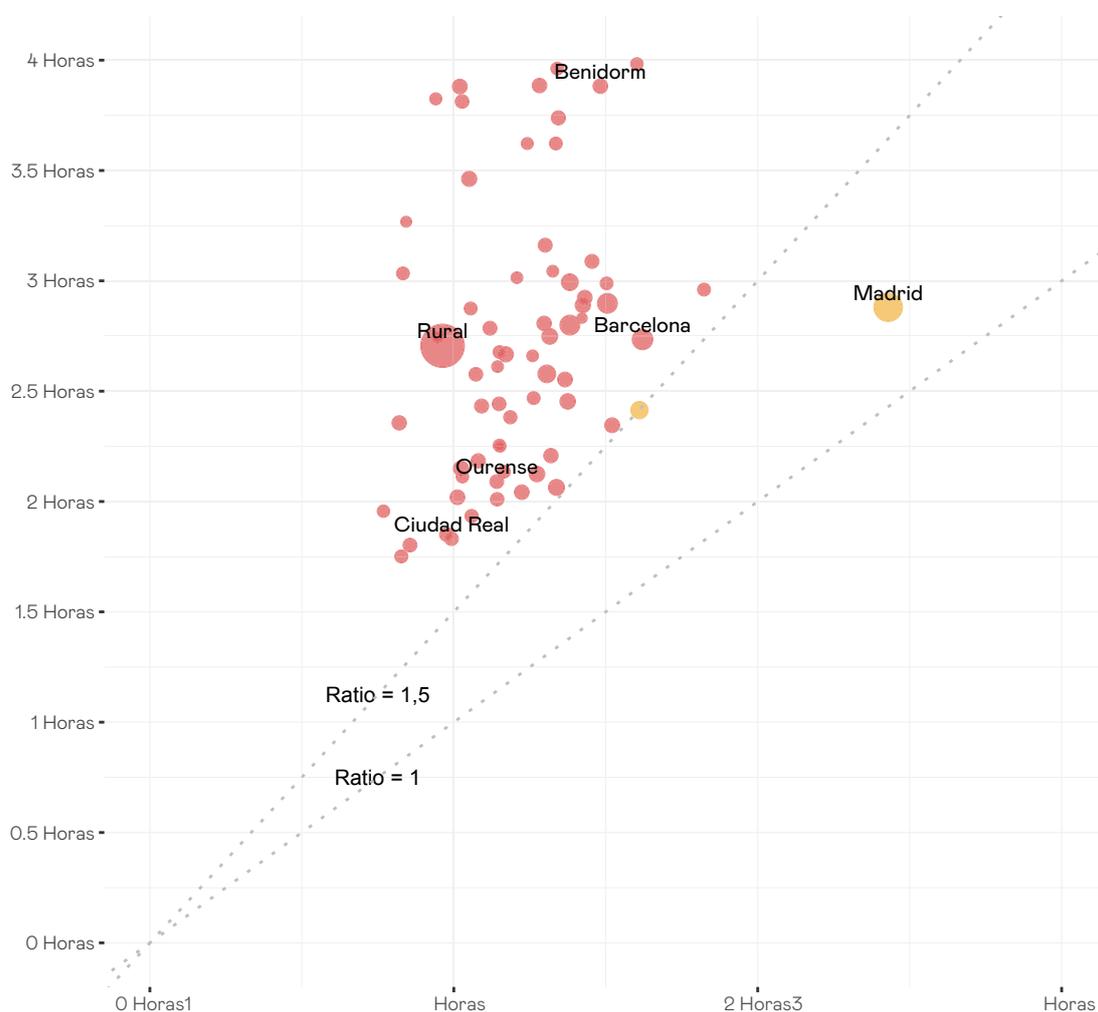
El gráfico alumbra dos hechos notables. En primer lugar, se observa una correlación elevada y de acuerdo con la literatura: las rutas con una ratio inferior a 1 tienen una cuota modal superior al 40%, que decrece rápidamente a medida que aumenta el cociente. Cuando la ratio supera 1,5 la cuota se hace insignificante. Pero el gráfico también permite observar cómo hay varias rutas que, pese a tener una ratio competitiva, tienen cuotas modales relativamente bajas. Sería interesante entender el porqué de esta aparente anomalía.

Es interesante subrayar que hay varias rutas que pese a tener un tren de alta velocidad competitivo tienen cuotas modales relativamente bajas, que requerirían de un análisis individual pormenorizado para valorar por qué y dónde esta cuota está en niveles comparativamente bajos.

Ahora podemos analizar bajo esta luz los cocientes presentados en el gráfico 10. El gráfico 12 agrupa las áreas urbanas y rurales según el cociente entre tiempo de desplazamiento en tren y vehículo privado estimados por el modelo ponderado para cada origen.

Gráfico 12. Comparación de la ratio de tiempo de viaje en tren / coche según área urbana funcional de origen

TTR: Inferior a 1, Entre 1-1,5 y superior a 1,5



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Observatorio del Ferrocarril en España (Informe 2022) | EsadeEcPol

Puede verse que no hay ninguna para la que el tren sea más competitivo en tiempo¹⁶. Sin embargo, hay varias áreas cuya ratio tren/coche se encuentra alrededor de 1,5, tanto zonas con desplazamientos cortos (Sagunto, Girona o Ciudad Real) como otras con distancias medias de viaje más largas (como Madrid, Sevilla o Barcelona). Por otro lado, también pueden observarse muchas áreas con ratios

16 Como se señalará posteriormente, esto no quiere decir que no haya desplazamientos concretos para los que el tren sí sea más competitivo. Recordemos que este cálculo se realiza para el tiempo medio teniendo en cuenta todos los desplazamientos que salen de ese origen.

superiores a 2, para las que el tren no será atractivo (al menos con la infraestructura actual), manteniendo cuotas modales muy bajas. Al final de la lista encontramos algunas zonas urbanas cuyas demandas de movilidad están caracterizadas por distancias relativamente cortas (Benidorm 11 km/viaje, Elche 14 km/viaje), por lo que los tiempos de desplazamientos se mueven entre 20-40 minutos (Gráfico X), sin embargo, los tiempos de desplazamiento en tren a sus destinos puede alargarse por encima de las 5 horas.

Tabla 3. **Ratio de tiempo de viaje en tren / coche según área urbana funcional de origen.**

Territorio de origen	TTR	Territorio de origen	TTR	Territorio de origen	TTR
Madrid	1,19	Zamora	2,01	Sanlúcar de Bar- rameda	2,55
Zaragoza	1,50	Huelva	2,02	Benidorm	2,62
Tarragona	1,54	València	2,03	San Sebastián	2,71
Valladolid	1,54	Vigo	2,03	Cádiz	2,72
Torreveija	1,62	Burgos	2,04	Oviedo	2,78
Córdoba	1,67	Linares	2,05	Rural	2,81
Albacete	1,67	Alacant	2,09	Jerez de la Fron- tera	2,87
Castelló de la Plana	1,67	Santiago de Compostela	2,10	Avilés	2,89
Barcelona	1,69	Girona	2,11	Lorca	2,90
Talavera de la Reina	1,76	Cáceres	2,11	Gandía	2,92
A Coruña	1,78	Sagunt	2,12	Santander	2,94
Palencia	1,83	Elx	2,12	Chiclana de la Frontera	2,96
Ourense	1,83	Murcia	2,13	Algeciras	3,03
Pontevedra	1,83	León	2,16	Gijón	3,06
Ciudad Real	1,85	Granada	2,17	Ferrol	3,22
Salamanca	1,87	Logroño	2,23	Bilbao	3,25
Guadalajara	1,90	Pamplona	2,28	Marbella	3,30
Sevilla	1,93	Elda	2,28	Manresa	3,64
Mérida	1,95	Badajoz	2,30	Lugo	3,71
Ávila	1,96	Ponferrada	2,33	Vitoria	3,81

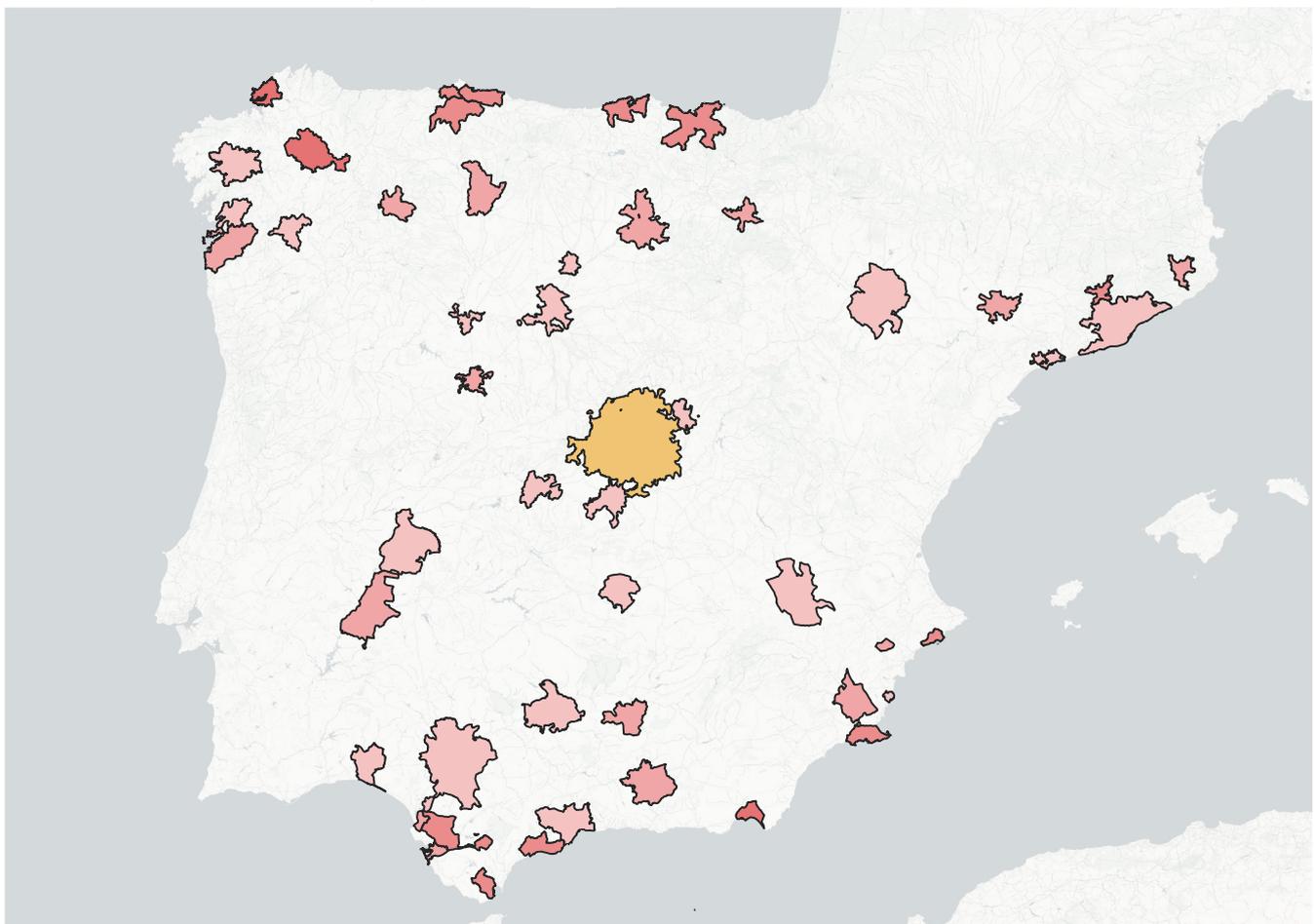
Reus	1,96	Jaén	2,40	Igualada	3,87
Málaga	1,97	Cartagena	2,43	Almería	4,04
El Puerto de Santa María	1,99	Irún	2,49	Alcoi	4,07
FUA media	1,99	Lleida	2,49	La Línea de la Concepción	4,09
Toledo	2,00	Cuenca	2,50		

Elaboración propia a partir de datos GTFS & MITMA Big Data | EsadeEcPol

Es interesante señalar que, como ya se ha indicado anteriormente, estas ratios dependen en gran medida de la disponibilidad de infraestructura ferroviaria, y por tanto tienen un componente geográfico significativo, como puede observarse en el siguiente mapa: la TTR es una función de cómo de cerca o lejos está cada área urbana del centro de la Península; es decir, de Madrid.

Gráfico 13. TTR en las Áreas Urbanas Funcionales

TTR: **Inferior a 1**, **Entre 1-1,5** y **superior a 1,5**

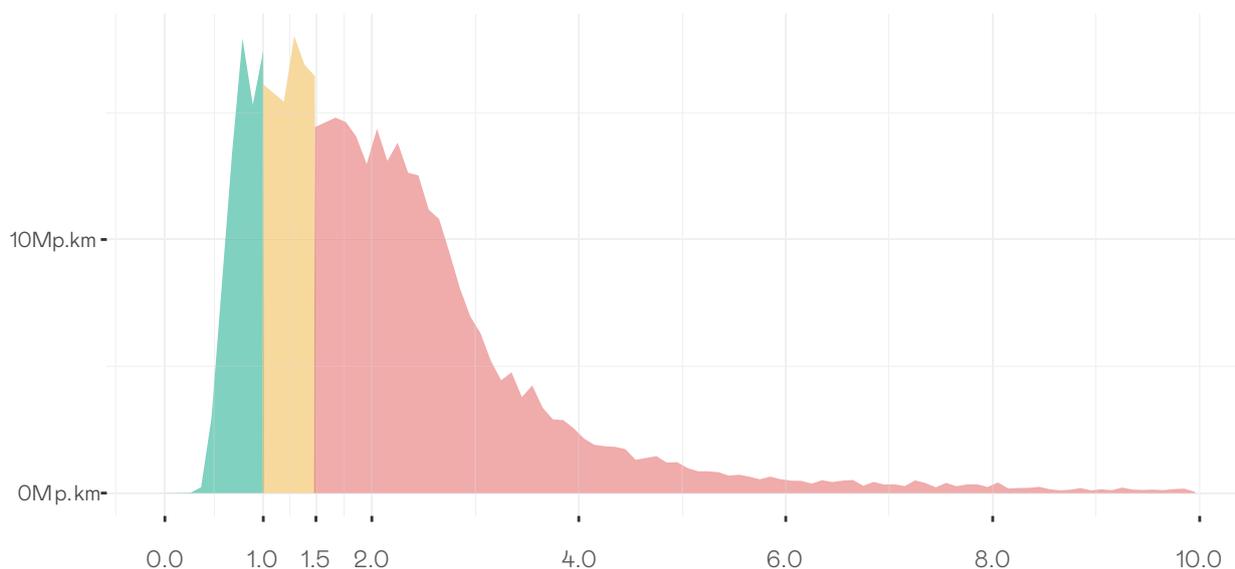


Fuente: Elaboración propia a partir de datos de GTFS & MITMA Big Data | EsadeEcPol

Otra manera de observar los mismos datos es correlacionando la ratio con la distancia a Madrid: a menor distancia, generalmente, menor ratio. La excepción son precisamente las áreas con conexión directa de alta velocidad para su núcleo principal.

A la vista de estas ratios, y subrayando una vez más que en el presente análisis estamos asumiendo la infraestructura existente como dada, ¿en qué medida es realista sustituir al vehículo privado con el ferrocarril en los viajes interurbanos en el corto y medio plazo? Para responder a esta pregunta procedemos a calcular, para todos los desplazamientos interurbanos realizados en España, la ratio TTR, y a agregar todos los pasajeros-km en función de la ratio de cada ruta (Gráfico 13).

Gráfico 14. **Distribución de los p.km en función del Ratio de tiempo de viaje**
TTR: Inferior a 1 (MS 40%), Entre 1-1,5 (MS 15%) y superior a 1,5 (MS < 5%)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de GTFS & MITMA Big Data | EsadeEcPol

Encontramos que sólo un 18% de los pasajeros-km se sitúan en rutas con TTR inferior a 1, y un 21% adicional en rutas con TTR entre 1 y 1,5. Para el 60% restante, el tren no resultaría atractivo, y por tanto el cambio modal no sería realista a corto plazo (a largo plazo, las modificaciones de infraestructura sí podrían hacer al tren más atractivo). Así pues, y en tanto no se implementan los cambios de largo plazo, es preciso pensar en otras soluciones para la descarbonización del transporte por carretera a corto y medio plazo.

QUÉ HACER: PROPUESTAS PARA LA DESCARBONIZACIÓN A CORTO PLAZO DEL TRANSPORTE INTERURBANO

Una de las principales medidas para descarbonizar el transporte interurbano es aumentar la cuota de transporte público, con el objetivo de mejorar la eficiencia energética mediante una mayor tasa de ocupación de los vehículos, atrayendo a más pasajeros hacia el transporte colectivo. Independientemente del modo de transporte, la mayor ocupación reduce por lo general las emisiones asociadas por pasajero-kilómetro.

Enfocándonos ahora en modos concretos, en el corto plazo, allá donde es viable, el ferrocarril se presenta como la principal opción de descarbonización para el transporte interurbano de pasajeros, no solo por ser competitivo en tiempo, sino también porque está ampliamente electrificado. En las áreas en las que hemos identificado un transporte por ferrocarril competitivo de acuerdo con la TTR sería conveniente realizar esfuerzos para incrementar la cuota modal del ferrocarril, especialmente en aquellas que presentan TTR atractivas pero una cuota modal menor a la esperada. Convendría realizar análisis individualizados para identificar estrategias que incrementen la cuota modal, estudiando si hay opciones que se puedan activar en el corto plazo relacionadas con el servicio ferroviario de alta velocidad: unos precios y frecuencias más adaptados a la demanda se presentan como los candidatos más probables de acuerdo con la literatura disponible. En el largo, por supuesto, los planes pasan por desarrollos y reconsideraciones estructurales que, además de estar en marcha, se escapan de las capacidades del presente análisis.

En aquellas áreas en las que el ferrocarril no es competitivo, el autobús interurbano se presenta como la principal alternativa. Hay que recordar que, para un nivel de ocupación media del autobús, sus emisiones por pasajero-km se reducen a la mitad frente al vehículo privado. Con el objetivo de aumentar la cuota modal del autobús, en España se está trabajando en un nuevo mapa de concesiones de autobuses para mejorar las tarifas y los tiempos de viaje¹⁷. Las medidas incluyen mejorar la cobertura de rutas y la calidad del servicio, impulsando el transporte colectivo interurbano como una opción más sostenible. La clave está en renovar concesiones, mejorar licitaciones y asegurar la calidad y sostenibilidad mediante incentivos y penalizaciones. Esto garantiza un modelo eficiente que favorezca la modernización y reduzca las emisiones. Para reducir aún más las emisiones relacionadas por pasajero-km, será preciso avanzar también en la descarbonización del propio medio de transporte¹⁸, algo que en el ámbito interurbano va con cierto retraso.

A cierre del año 2023, había registrados en España más de 66.500 autobuses, de los cuales tan solo 5.035 (7,5%) eran propulsados por combustibles alternativos. De estos últimos, el grupo más numeroso lo constituyen los autobuses propulsados a gas natural (3.779; 5,6% del total), seguidos de los autobuses eléctricos (1.173; 1,7%), híbridos (77) y de hidrógeno (6). Sin embargo, una buena parte de los autobuses propulsados por combustibles alternativos sirven rutas urbanas: según el Observatorio de la Movilidad Metropolitana, la mitad de los autobuses de gas natural y todos los eléctricos pertenecen a entidades urbanas.

¹⁷ <https://www.transportes.gob.es/el-ministerio/sala-de-prensa/noticias/mie-20032024-1914>

¹⁸ Además de promover una mayor competencia en el sector que haga los precios más competitivos, véase por ejemplo CNMC (2019) Estudio sobre el transporte interurbano de pasajeros en autobús. E/CNMC/006/19. <https://www.cnmc.es/expedientes/ecnmc00619>

Sin embargo, el potencial de reducción de emisiones de los combustibles alternativos en los autobuses es amplio. El porcentaje de reducción de emisiones WTW¹⁹ de gases de efecto invernadero se sitúa entre el 70-180% para el biogás, entre el 92-95% para el biodiésel y HVO, entre el 88-100% para los vehículos eléctricos, y entre el 34-98% para los autobuses propulsados por hidrógeno.

Esta es, por tanto, una vía con potencial sustancial que ya está en consideración gracias a diversos impulsos regulatorios²⁰.

Pero, al mismo tiempo, será necesario avanzar también en la descarbonización del vehículo privado. Esto es particularmente importante en las áreas rurales, en las que el transporte público generalmente no cuenta con la densidad de población suficiente para hacer rentables las rutas.

A corto plazo, una estrategia con potencial es aumentar la tasa de ocupación de los vehículos en desplazamientos interurbanos. Esta tasa de ocupación media en España es de 1,68²¹ pasajeros por vehículo. Si se lograra aumentar (mediante incentivos como la disponibilidad de carriles de uso exclusivo para vehículos de alta ocupación, o desarrollando más los sistemas de uso compartido), las emisiones podrían reducirse proporcionalmente.

A medio plazo, la solución estará en la electrificación del vehículo ligero, más sencilla que la de los autobuses, pero que siguen enfrentándose a numerosas barreras, lo que resulta en una tasa de penetración muy baja y por debajo de la de otros países europeos. Aquí vale la pena prestar especial atención a la infraestructura de recarga: España se sitúa también a la cola de los países europeos con tan solo el 6% de la capacidad objetivo para 2030, y menos del 3% del objetivo de 2035. Además, son precisamente las provincias con menor tasa de urbanización y más dependientes del vehículo privado las que cuentan hoy en día con menor capacidad instalada de infraestructura de recarga, dificultando aún más la descarbonización del transporte de pasajeros en estos territorios.

19 Well-To-Wheel, es decir, incluyendo las emisiones derivadas de la producción del combustible

20 Si bien la proporción de autobuses propulsados por combustibles alternativos es hoy en día muy baja, se prevé un crecimiento considerable en los siguientes años, gracias a diferentes piezas regulatorias que tienen por objetivo reducir las emisiones derivadas del transporte, y especialmente el transporte pesado. Entre ellas destaca la Revisión del Reglamento sobre Estándares de Emisiones de CO₂ de vehículos pesados. Este texto fue propuesto por la Comisión Europea en 2023 (COM/2023/88), con objetivos más ambiciosos que los adoptados en la versión original del Reglamento (2019/1242), en vigor desde 2019. En la Revisión, los autocares están entre los vehículos afectados por los objetivos de reducción de emisiones con objetivos intermedios hasta 2040. Los fabricantes de autocares tendrán obligación de reducir las emisiones medias de los nuevos vehículos registrados en un 43% para 2030, y en un 90% para 2040. En estos objetivos jugarán un papel protagonista los autocares propulsados por electricidad e hidrógeno, por ser considerados vehículos de cero- y bajas-emisiones.

21 Datos de ocupación de la explotación de Encuestas de viajeros realizada en 2014 por la S.G. de Explotación de la Dirección General de Carreteras.

Conclusiones

Los ambiciosos objetivos de descarbonización que ha fijado España para su sector del transporte requieren una acción múltiple, y una reorientación de las prioridades hacia el transporte interurbano de pasajeros, que concentra un 42% de las emisiones totales del transporte en España, frente al a menos del 28% de emisiones que supone el transporte urbano de pasajeros, al que se ha prestado más atención hasta el momento.

En este trabajo hemos analizado, a partir de datos masivos de desplazamientos, cuáles son los patrones de movilidad en España, y cómo de factible sería, a corto y medio plazo el cambio hacia un modo más descarbonizado como el ferrocarril en las distintas áreas urbanas y rurales.

Nuestros resultados indican que este cambio modal sólo sería esperable en un 40% como máximo del volumen de transporte de pasajeros interurbano. Para el 60% restante del volumen de transporte interurbano es preciso formular e implementar acciones que permitan lograr los objetivos de descarbonización propuestos a corto plazo. Nuestras recomendaciones, por tanto, son sobre todo cuatro:

- Revisar frecuencias, disponibilidad de servicio, velocidades y mecanismos afectando a los precios en aquellas áreas urbanas y rutas en las que el ferrocarril ya es competitivo en tiempo con el vehículo privado, pero que sigue mostrando cuotas muy bajas.
- En aquellas áreas donde el ferrocarril no sea competitivo, y siempre considerando que en algunas terminará siendo si se da el apropiado cambio de infraestructura a tal efecto, será conveniente hacer competitivo el autobús bajo en emisiones, lo que supone tanto promover el despliegue de este tipo de tecnologías (sólo un 7,5% del total está descarbonizado, y concentrado en viajes urbanos) como revisar sus precios, en muchos casos no competitivos con el vehículo privado;
- Desarrollar incentivos, o impulsar los sistemas de uso compartido, que permitan aumentar la tasa de ocupación de los vehículos privados en desplazamientos interurbanos, en particular en las rutas no servidas por el transporte público;
- Finalmente, es preciso acelerar la expansión de puntos de recarga para vehículos eléctricos precisamente en las zonas con mayor déficit (menos densas), para favorecer el uso de estos vehículos en los desplazamientos interurbanos que no cuentan con alternativas de transporte público.