

XXIX Reunión de Estudios Regionales
Santander, noviembre 2003

Impacto de los nuevos trenes AVE
sobre la movilidad en España:
el horizonte 2010

Juan Carlos Martín

Gustavo Nombela (*)

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Dpto. Análisis Económico Aplicado

Resumen

En este trabajo, se realiza una modelización de los impactos sobre la movilidad de personas de los nuevos servicios ferroviarios de alta velocidad que se van a construir a medio plazo en España, de acuerdo a las previsiones del Plan de Infraestructuras 2000-10. El objetivo que se persigue es doble: por un lado estimar los cambios esperables de los nuevos trenes AVE sobre los equilibrios modales actuales (reparto de cuotas entre avión, tren, autobús y coche) en aquellos corredores donde se van a introducir, y por otro lado realizar una cuantificación del volumen absoluto de viajeros que puede captar en el horizonte 2010 el ferrocarril. Para ello se utilizan los resultados de una encuesta de movilidad realizada por el Ministerio de Fomento, a partir de los cuales se estima un modelo gravitacional para realizar predicciones de los flujos interprovinciales de viajeros, y un modelo logit multinomial para la elección de modo de transporte.

(*) Algunos de los resultados presentados en este documento se han extraído de un proyecto de evaluación del impacto económico del Plan de Infraestructuras 2000-10, realizado para el Ministerio de Fomento, conjuntamente con investigadores de la Universidad de Alcalá de Henares, Universidad de A Coruña, IVIE y FEDEA. Cualquier error u omisión es exclusiva responsabilidad de los autores.

1. Introducción

La inversión pública en infraestructuras de transporte tiene como finalidad principal la mejora de las redes básicas de comunicación de un país. Pese a ello, la gran mayoría de los estudios sobre inversiones suele centrarse en los impactos de tipo macroeconómico que éstas generan (efectos sobre PIB, empleo, etc.)¹, mientras que son poco analizados los efectos sobre las decisiones de movilidad y los cambios que las inversiones en infraestructuras tienen sobre el comportamiento de los agentes.

Este trabajo estudia este último tipo de impactos microeconómicos de las inversiones en infraestructuras en España previstas en el Plan de Infraestructuras 2000-10 del Ministerio de Fomento. Tanto por el volumen de gasto presupuestado (102.8 millones de euros, alrededor del 1.3% del PIB), como por la decisión de construcción de nuevas líneas de ferrocarril de alta velocidad (40% de las inversiones del Plan), resulta altamente interesante evaluar cuáles pueden ser los impactos de esta intervención pública sobre el sector del transporte. En particular, los objetivos que se persiguen en el trabajo son dos: (1) analizar los cambios esperables en los equilibrios modales actualmente observados; y (2) predecir la captación de viajeros que pueden conseguir los nuevos servicios AVE en las principales rutas inter-provinciales.

Para ello, se ha utilizado una base de datos elaborada con información de una encuesta de movilidad realizada por el Ministerio de Fomento en el año 2000, a partir de la cual se han obtenido los flujos de movimiento de viajeros en España entre provincias. Esta información se complementa con datos sobre disponibilidad de modos de transporte público, tiempos de conexión y tarifas. Utilizando una muestra de las principales rutas, se estima un modelo gravitacional que permite realizar predicciones de flujos para el año 2010, y un modelo logit multinomial para estudiar la elección de modo de transporte de los individuos. Combinando los resultados de ambos modelos, se ha realizado una predicción del volumen de viajeros que previsiblemente puede captar el ferrocarril, una vez que se materialicen las inversiones contempladas en el Plan de Infraestructuras.

¹ La aproximación habitual se basa en la estimación de una función de producción agregada, a la que se incorpora como un factor adicional el stock de capital público. Para una revisión de esta amplia literatura pueden consultarse Gramlich (1994), Draper y Herce (1994), y De la Fuente (1996). Existen también numerosas aplicaciones para el caso español, véanse por ejemplo Bajo y Sosvilla (1993), Mas et al. (1994), y Cantos et al. (2002).

La estructura del trabajo es la siguiente: en la sección 2 se describe brevemente la encuesta de movilidad y la base de datos utilizada; las secciones 3 y 4 presentan los resultados de los modelos gravitacional y logit, respectivamente, y la sección 5 las predicciones realizadas a partir de la combinación de ambos. Finalmente, la sección 6 describe las principales conclusiones de este estudio.

2. Descripción de los datos

La fuente principal de información utilizada ha sido una encuesta (*Movilia-2000*) sobre desplazamientos habituales y no habituales realizada por la Subdirección de Estadística del Ministerio de Fomento a una amplia muestra de individuos (92.428 entrevistados). En la encuesta se realizaron preguntas sobre distintos tipos de viajes, de los cuales se han seleccionado los desplazamientos de larga distancia, superiores a 100 km o que impliquen pernoctar fuera del domicilio habitual, ya que éste es el tipo de viajes en los cuales pueden tener influencia los futuros trenes de alta velocidad. Esta encuesta toma como referencia el lugar de residencia habitual de los entrevistados, y por tanto, los resultados que pueden extraerse de ella se refieren a la movilidad de los individuos residentes en cada comunidad autónoma o provincia.

La muestra se diseñó originalmente para conseguir representatividad poblacional a nivel de comunidad autónoma. No obstante, para este trabajo se han utilizado datos a nivel provincial, seleccionado 187 rutas en las cuales existe un número suficiente de entrevistas, y se ha revisado que la distribución por edades de los encuestados sea correcta. En estas rutas se considera que pueden elevarse los resultados de la encuesta a datos poblacionales, para obtener así el total de desplazamientos anuales que se producen entre provincias, así como los modos de transporte utilizados. Cada ruta debe ser interpretada como un par origen-destino, y los viajes se refieren exclusivamente a los realizados en esa dirección por los residentes en la provincia de origen.

Los datos de la encuesta son de tipo individual, es decir, respuestas de cada entrevistado sobre sus desplazamientos. No obstante, dado que en la encuesta no se realizaron preguntas relativas a variables claves en la decisión de qué modo de transporte utilizar (tarifa pagada, tiempo efectivo de desplazamiento, alternativas existentes, renta disponible), se ha optado por la estimación de modelos agregados. La variable a explicar, por tanto, son los flujos totales de viajes interprovinciales, en aquellas rutas

seleccionadas, y los porcentajes de viajeros que utiliza cada modo de transporte se interpretan como probabilidades de elección de modo en la ruta.

Los datos de la encuesta de movilidad se complementan con tiempos de desplazamiento y coste para cada modo de transporte, obtenidos de información comercial de las empresas proveedoras de servicios y estimaciones propias para los desplazamientos en coche. Otras variables relevantes son las cifras de población provincial (INE, y estimación propia para 2010), así como el stock de capital en infraestructuras de transporte (datos de IVIE para 2000, y predicción de IVIE para 2010 con la incorporación de las inversiones previstas en el Plan de Infraestructuras). La tabla 1 resume la definición y fuentes de las variables utilizadas.

3. Modelo gravitacional de viajes entre provincias

Los modelos gravitacionales tienen una extensa tradición en el campo de la economía del transporte. Erlander y Stewart (1990) realizan una excelente revisión de estos modelos, presentando sus principales características, entre las que se pueden mencionar la conservación del flujo de viajes y el tipo de restricciones que se impone. Además, este tipo de modelos se ha usado con frecuencia en el estudio de los flujos transfronterizos, y más recientemente en aquellos que abordan las relaciones comerciales entre países o regiones, estudiando cuestiones más relacionadas con las ventajas de algunos nodos de transporte desde el punto de vista de desarrollo económico o midiendo las barreras y ventajas de las políticas de integración comercial².

La estructura general de estos modelos se deriva del supuesto:

$$(flujo_{ij}) = f(\text{actividad en } i, j; \text{caract. socioec. } i, j; \text{factores interaccion entre } i \text{ y } j) \quad (1)$$

donde los índices i y j representan las zonas de origen y destino, las variables de actividad y las socioeconómicas suelen venir representadas por la población y la renta y el último término de la interacción representa la facilidad o dificultad de que se realicen los intercambios, y se suele utilizar la distancia como variable más representativa. Dependiendo de los estudios la métrica de la distancia se puede modificar por cuestiones geográficas, como en el caso de presencia de islas, o para representar preferencias o

² McCallum (1995), Helliwell (1998) y Gaudry et al. (1996) son algunos ejemplos de esta literatura.

gustos. Igualmente para representar la existencia de fronteras puede modularse el efecto de la distancia, o para reflejar simples barreras legales o reguladoras, como por ejemplo cuando existe un embargo o una prohibición que impide el transporte de mercancías o personas.

El modelo gravitacional de distribución, que se va a estimar aquí se utilizará para predecir los viajes con un horizonte temporal al año 2010. Este modelo tiene básicamente las siguientes especificaciones: la variable dependiente es el número de viajeros en escala logarítmica entre las provincias i y j , considerando solamente las provincias peninsulares; las variables explicativas son la distancia entre las provincias (función interacción), la población y el stock de capital de infraestructuras de transporte de las provincias origen y destino (características socioeconómicas de las zonas i y j). El número total de viajes realizados, así como los datos sobre la distancia (media ponderada de las distancias recorridas por los encuestados) provienen de la explotación de Movilia, para las 187 rutas utilizadas en la estimación.

La tabla 2 muestra los coeficientes de correlación de las variables. Cabe destacar la elevada correlación que existe en España entre el stock de capital en infraestructuras de transporte y la población residente, al realizar un análisis provincial. Esta correlación refleja el hecho de que en las provincias con más población se ha realizado un mayor esfuerzo inversor en infraestructuras que en zonas menos pobladas, en gran parte requerido por las mayores necesidades de transporte de los individuos.

La tabla 3 muestra los resultados del modelo gravitacional, que se ha estimado por MCO. El R^2 presenta un valor de 0.601, lo que significa que aproximadamente el 60.1 % de la variabilidad del número de viajeros entre las provincias i y j está explicada por las variables independientes. El valor de F es 54.58, lo que indica que el modelo es estadísticamente significativo de forma conjunta. A un nivel de confianza del 95% se observa que todas las variables, excepto las del stock de capital, tienen un efecto significativo sobre el número de viajeros. Todas las variables presentan los signos esperados, y se resalta el impacto que tiene la distancia sobre el número de viajeros entre las provincias i y j , donde se puede interpretar que un aumento de la distancia de un 1% produce en media una disminución de viajeros de 1.47%. Además también se puede observar por el valor de los coeficientes que la población de origen tiene una mayor incidencia o importancia relativa. Los valores de las variables del stock de capital, aunque

no son significativos, se han incluido en el modelo ya que presentan los signos esperados y además el IVIE ha proporcionado la actualización de esta variable en el horizonte 2010, considerando en la elaboración de la serie de stock de capital público de transporte las inversiones previstas dentro del Plan de Infraestructuras. Se considera que la inclusión de estas variables, dado que aparentemente tienen un impacto sobre el volumen de viajeros, hace que se puedan obtener unas mejores predicciones para dicho año ya que reflejan el cambio en las redes de transporte que se va a producir en España durante este periodo.

4. Modelo de elección de modo de transporte

Para analizar la decisión de elección del modo de transporte, se ha optado por la estimación de un modelo logit multinomial agregado, con una sola etapa. Dada la naturaleza de los datos disponibles, se descartaron otras alternativas como, por ejemplo, un modelo de dos etapas con una primera decisión entre coche o transporte público, y una elección posterior entre diversos modos de transporte público. Se considera, por tanto, que estamos analizando la decisión de modo de transporte de un individuo representativo en cada ruta, donde las alternativas de transporte son todas las existentes (en buena parte de la muestra, las opciones son coche, tren y autobús; si bien existen también bastantes rutas donde el avión es una cuarta alternativa disponible).

Este individuo representativo tiene la siguiente función de utilidad que refleja la satisfacción que obtiene de cada modo de transporte que puede utilizar:

$$\begin{aligned} U(\text{modo } i) &= \beta' x_i + \gamma_i z + \varepsilon_i \\ &\vdots \\ U(\text{modo } j) &= \beta' x_j + \gamma_j z + \varepsilon_j \end{aligned} \tag{2}$$

donde x_i es el vector de variables específicas para el modo de transporte i (su precio, tiempo, etc.), y z es un vector de variables específicas para esa ruta, pero comunes a todos los modos de transporte (distancia, etc.). Los parámetros desconocidos del modelo son los coeficientes β , comunes a todos los modos, y los coeficientes γ , que son específicos para cada modo. Esta característica del vector γ se debe a que el efecto de las variables fijas de ruta z puede ser diferente para cada modo, ya que por ejemplo un individuo puede tener una mayor preferencia por un modo concreto dependiendo de alguna característica de la ruta, como por ejemplo la distancia.

Finalmente, las perturbaciones aleatorias ε_i , ε_j se suponen independientes entre sí, e idénticamente distribuidas. Bajo el supuesto de que las distribuciones de estas perturbaciones son Gumbel, la probabilidad de elección de un modo cualquiera de transporte se puede calcular como:

$$prob(\text{modo } i) = \frac{\exp[\beta' x_i + \gamma_i z]}{\sum_j \exp[\beta' x_j + \gamma_j z]} \quad (3)$$

La estimación econométrica de este modelo permite obtener valores para los parámetros β y γ_i , que posteriormente pueden ser utilizados para predecir el reparto modal en una ruta determinada, así como el cálculo de elasticidades de la demanda de transporte respecto de las diferentes variables incluidas en el vector x .

Este modelo se ha estimado para estudiar la elección modal en España, utilizando 143 rutas de la muestra disponible para este trabajo, para las cuales fue posible conseguir la información necesaria para todas las variables. Por otra parte, se realiza una segunda estimación en la cual se incluyen únicamente 40 rutas en las que los encuestados tenían disponibles los cuatro modos de transporte (coche, bus, tren y avión). Esta segunda versión del modelo sirve para comprobar la robustez de los resultados, pero también aporta información complementaria de interés, ya que permite estudiar las diferencias entre este grupo de rutas y el resto. La tabla 4 presenta los resultados obtenidos, los cuales muestran que la función de utilidad estimada para los usuarios de transporte depende negativamente de las tres variables fundamentales de decisión: tiempo de viaje, coste, e intervalo de tiempo entre servicios de transporte público. En el caso del intervalo, un mayor valor de la variable indica que el usuario debe esperar más tiempo hasta la salida del vehículo, luego cabe esperar un efecto negativo sobre la función de utilidad, al igual que para las otras dos variables. Todos los parámetros β que afectan a estas variables son estadísticamente significativos.

En relación con las variables específicas de ruta cuyos coeficientes γ_i son específicos por modo, la renta provincial medida por el PIB per cápita aparece con signo negativo para el avión y el tren, mientras que no es una variable significativa para el autobús. La interpretación para estos resultados es que la renta provincial puede estar actuando como proxy de la propiedad de automóvil, de forma que en provincias de mayor

renta los usuarios poseen coches en mayor proporción, lo cual favorece a este modo frente a las alternativas.

La distancia aparece con signos positivos para el avión y el tren (si bien para el avión el coeficiente es no significativo), indicando una preferencia por estos modos al aumentar la longitud del desplazamiento, mientras que para el autobús tendría un efecto negativo.

Por último, el porcentaje de viajes realizados por motivo de trabajo tiene un efecto positivo para los tres modos de transporte público: avión, tren y autobús, con una importancia decreciente en ese orden, revelando que los viajeros de negocios tienen una preferencia por el avión cuando esta alternativa existe, después por el tren y finalmente por el autobús, todos ellos comparados con los desplazamientos en coche.

El modelo estimado tiene un poder de predicción aceptable para el reparto modal de una ruta cualquiera, si se dispone de los datos de las variables explicativas incluidas. En una gran mayoría de los casos, se predice correctamente cuál es el modo de transporte más utilizado, y las probabilidades de elección de todos los modos son estimadas con grados de error por debajo de 0.1 (en valor absoluto).

En cuanto a la comparación con los resultados de la estimación con la submuestra de 40 rutas en las cuales los cuatro modos de transporte están disponibles para los usuarios, puede comprobarse que los parámetros β de las variables principales mantienen los signos negativos anteriormente obtenidos, que dan sentido correcto a la función de utilidad, si bien hay que señalar que el orden de magnitud de los parámetros es ligeramente mayor para las variables de tiempo y coste de viaje.

Los parámetros de las variables específicas de ruta también tienen resultados similares a los de la estimación anterior. La variable renta aparece de nuevo con signo negativo en los tres modos de transporte público, con la misma interpretación comentada anteriormente de una mayor propiedad de automóvil al aumentar la renta provincial. La distancia aparece con signos negativos para los tres modos (si bien para el tren es no significativa), lo cual no tiene fácil interpretación, y el porcentaje de viajes por motivo de trabajo vuelve a tener el mismo efecto que en la estimación anterior.

4.1. Elasticidades tiempo y coste

Dado que los corredores en los que se van a introducir trenes de alta velocidad afectan principalmente a las 40 rutas de la submuestra con los cuatro modos de transporte disponibles (avión, tren, bus y coche), se ha optado por calcular las elasticidades de la demanda de transporte a partir de la segunda estimación del modelo. logit, realizada con esta submuestra. Los resultados son similares si se calculan con las estimaciones de la muestra completa de rutas, si bien se obtienen valores algo más bajos.

Las elasticidades calculadas corresponden a cambios en la probabilidad de elección de un modo ante cambios en la variable correspondiente. Dado el tipo de modelo logit estimado, las elasticidades cruzadas son iguales para todos los modos (es decir, se considera que los viajeros que son desplazados de un modo se reparten proporcionalmente al resto de modos), y por ello únicamente tiene interés el orden de magnitud de las mismas. Las elasticidades más interesantes son, por tanto, las de efectos sobre la propia demanda, esto es, variación de la probabilidad de elección del modo i ante cambios en las variables de tiempo de viaje y coste de viaje del propio modo. Los resultados se presentan en la tabla 5.

Las elasticidades-tiempo obtenidas indican que el tren y el autobús son modos de transporte en los cuales los usuarios responden de forma importante a cambios en los tiempos de viaje, en un orden de magnitud muy superior a los viajeros que utilizan el avión. La interpretación de estos resultados hay que buscarla en el tipo de rutas que se han incluido en la submuestra utilizada en la estimación, que corresponde a recorridos relativamente largos (entre 300-600 km) donde el avión presenta poca variabilidad de tiempos, mientras que sí pueden existir variaciones importantes en los tiempos de viaje de autobús y tren, que generalmente son mucho mayores que los del avión. Las elasticidades obtenidas indican que, en este tipo de rutas en España, la introducción de servicios con menores tiempos de conexión por parte del tren y el autobús es previsible que logre un gran efecto de captación de viajeros.

Este hecho es el que está detrás del fuerte impacto que tuvo el AVE Madrid-Sevilla en el equilibrio modal de ese corredor, pero también resulta interesante ver el potencial que tiene la mejora de los servicios de autobús, e indirectamente el impacto positivo potencial que pueden tener las inversiones en infraestructura de carreteras para este

modo de transporte. Al mejorarse las conexiones por carretera entre las comunidades autónomas, ello permite a las empresas de autobús ofertar servicios más rápidos que pueden lograr atraer de forma significativa a más usuarios. La elevada elasticidad-tiempo obtenida para este modo (-2.9) apunta en esta dirección. Un efecto similar de atracción de usuarios al automóvil privado se puede prever por la mejora de tiempos de conexión por carretera, si bien la elasticidad obtenida para el coche (-1.0) es inferior a la del autobús.

Con relación a las elasticidades-coste (véase tabla 5), cabe destacar algunos resultados interesantes. En primer lugar, los usuarios del avión tienen una elevada elasticidad al precio. Si bien a priori este resultado puede parecer extraño si se piensa en los viajeros de negocios (quienes generalmente no pagan ellos mismos el precio del viaje, sino sus empresas), la elevada elasticidad puede estar reflejando la composición de viajeros de este modo, donde una mayor proporción de los usuarios son viajeros de ocio. Por tanto, en términos agregados para este modo, la probabilidad de elección del avión en España depende en mayor medida del precio que del tiempo de viaje.

El resultado contrario se obtiene para los otros dos modos de transporte público (tren y autobús). En ambos casos, las elasticidades al propio precio tienen los signos negativos esperables a priori, pero son relativamente bajas (-0.6 y -0.5, respectivamente), mientras que los efectos de variaciones en los tiempos de viaje son mucho mayores. Por su parte, el coche también presenta una elasticidad al coste relativamente baja (-0.6).

5. Predicciones para 2010

El Plan de Infraestructuras del Ministerio de Fomento 2000-2007 va a suponer un cambio importante en relación a la dotación de infraestructuras de transporte de las provincias de España. En esta sección se utilizará el modelo gravitacional estimado anteriormente para realizar la predicción del número de viajeros residentes entre dos provincias de España.

El modelo gravitacional nos permite obtener la relación existente entre el número de viajeros residentes entre las provincias i y j , la distancia media de los viajes realizados entre las dos provincias, la población y la dotación de infraestructuras de transporte de las provincias de origen y de destino. De esta manera, se puede obtener una predicción del año 2010, utilizando predicciones de las variables explicativas para dicho año.

La predicción de las variables explicativas para el año 2010 se ha realizado bajo los siguientes supuestos:

- La variable distancia no se ha actualizado.
- La población de cada provincia se ha actualizado mediante la tasa media de crecimiento poblacional para esa provincia durante el período 1986-2000.
- El stock provincial de capital de infraestructuras de transporte se actualiza de acuerdo a las estimaciones realizadas por el IVIE, considerando las inversiones previstas en el Plan de Infraestructuras.

De esta forma se puede construir la serie de los viajes de residentes estimados para el año 2010 para las 187 rutas consideradas en la muestra.

$$\log(v_{10}) = \alpha + \beta_1 \log(d_{ij}) + \beta_2 \log(Pori_{10}) + \beta_3 \log(Pdes_{10}) + \beta_4 \log(Stori_{10}) + \beta_5 \log(Stdes_{10}) \quad (4)$$

Otra de las cuestiones importantes que es necesario analizar cuando se realiza la evaluación de un plan de infraestructuras tan importante como él que se estudia en este trabajo, consiste en estimar la evolución de los viajes separando el efecto de las infraestructuras de transporte, lo que se conoce con el nombre de demanda inducida. Para realizar este ejercicio es necesario introducir dos nuevas variables:

$$\log(v_{pob}) = \alpha + \beta_1 \log(d_{ij}) + \beta_2 \log(Pori_{10}) + \beta_3 \log(Pdes_{10}) + \beta_4 \log(Stori_b) + \beta_5 \log(Stdes_b) \quad (5)$$

$$\log(v_{inf}) = \alpha + \beta_1 \log(d_{ij}) + \beta_2 \log(Pori_b) + \beta_3 \log(Pdes_b) + \beta_4 \log(Stori_{10}) + \beta_5 \log(Stdes_{10}) \quad (6)$$

Estas nuevas variables, v_{pob} y v_{inf} , corresponden a la evolución de los viajes si sólo se tiene en cuenta la evolución de la población o la inversión en infraestructuras de transporte, respectivamente. De esta manera, se puede estudiar la evolución de los viajes de una manera dual, por un lado analizando la evolución que le correspondería a un cambio puro de la dotación de infraestructuras, y por otro lado a la evolución que le correspondería atendiendo sólo a la componente demográfica.

La tabla 6 muestra la evolución del total nacional y de algunos pares de provincias que son significativos por presentar el máximo y el mínimo crecimiento en el período analizado. Se puede comprobar que la media nacional de viajes experimentará un crecimiento anual del 1.53%, teniendo una mayor importancia la evolución de los viajes

que se generan como consecuencia de una mejora de las infraestructuras de transporte, ya que del incremento de viajes que se produce en el período casi el 80% de los mismos corresponden a viajes de demanda inducida, es decir a viajes que de no haberse producido una mejora de infraestructuras no se hubieran producido. La evolución de los viajes por provincia presenta una gran dispersión. En la tabla 6, se pueden consultar algunos pares que presentan crecimientos cercanos al 1%, como son los casos de los pares Lugo-Asturias (0.91%), Córdoba-Sevilla (1.03%) y Lugo-Madrid (1.03%), donde en algunos casos la evolución de los viajes que se debe a la evolución demográfica es negativa. Por otro lado, existen pares donde se produce un crecimiento cercano al 4%, como por ejemplo en Madrid-Cuenca (3.80%), Murcia-Alicante (3.86%) y Tarragona-Huesca (4.00%). En todos estos casos, la evolución aislada de la población y de las infraestructuras presenta el mismo signo, aunque se replica la situación comentada para la media nacional, ya que el impacto de las infraestructuras de transporte es superior a la evolución demográfica.

A partir de los flujos totales de viajeros estimados para 2010 en las distintas rutas incluidas en la muestra utilizada en este trabajo, y de los resultados obtenidos en el modelo logit para la elección de modo, es factible estimar cifras totales de viajeros que pueden ser captados por el ferrocarril, gracias a la introducción de los nuevos servicios AVE. Antes de realizar este ejercicio, deben tenerse en cuentas dos características importantes de los datos con los que se ha trabajado:

- Las cifras de viajeros totales corresponden a personas residentes en la provincia de origen de cada ruta (no son totales de viajeros en la ruta, ya que además de los residentes puede haber viajeros que conectan en la provincia de origen aunque no residan en ella, y turistas que no residen en España).
- En las predicciones del modelo logit se han utilizado estimaciones aproximadas de ahorros de tiempo en ferrocarril previstas por el Ministerio de Fomento (en algunas líneas los trazados están aún en fase de estudio), y tarifas por km similares a las del AVE Madrid-Sevilla.

La tabla 7 presenta un resumen de los resultados obtenidos, habiéndose seleccionado 20 rutas principales, en términos del volumen total de viajeros en el año 2000 (incluyendo los viajes en todos los modos). Las rutas se han clasificado de acuerdo

a los seis corredores previstos para los nuevos servicios AVE en el Plan de Infraestructuras 2000-10. En todos ellos, se contempla la construcción de una línea principal de ferrocarril de alta velocidad, con algunos ramales de conexión igualmente con tecnología AVE. La estructura del plan de líneas AVE es fundamentalmente centro-radial, con una línea adicional que cubre el eje mediterráneo (Barcelona-Alicante).³

Como puede observarse, el impacto de las inversiones en infraestructura ferroviaria de alta velocidad se espera que sea notable en todas las rutas consideradas en esta submuestra, si bien existen diferencias interesantes entre ellas. En primer lugar, se van a producir unos desplazamientos importantes de viajeros entre modos, que dependen por una parte de la distancia de la ruta, y por otro lado del equilibrio modal de partida.

Así, encontramos que en las rutas más largas donde el avión actualmente tiene una importante cuota de mercado, el AVE va a entrar como un fuerte competidor para el avión, aunque también va a captar viajeros que actualmente usan el autobús y, en menor medida, el coche. Sobre estas rutas destacan los pares Barcelona-Madrid y Madrid-Barcelona, ya que en ambos casos el modelo logit predice que el avión puede perder hasta 20 puntos porcentuales de cuota de mercado. El tren ganará aún más cuota, entre 25-20 puntos, procediendo el resto de viajeros de bus y coche. En términos de volumen total de viajeros, en estas rutas el ferrocarril va a pasar de un rango de 50-80 mil pasajeros/año a otro de 250-250 mil pasajeros/año.

El panorama es similar en otras rutas largas, pero donde el avión tiene actualmente menores cuotas de mercado (por ejemplo Madrid-Asturias, Madrid-Pontevedra y Madrid-Cantabria). En estos casos, el tren va a ganar más mercado por atraer a viajeros de coche que del avión, pese a que también capta de este último grupo. La disponibilidad de modos de transporte, así como su combinación de frecuencias y tarifas, es la que marca los equilibrios actuales observados, y condiciona los resultados esperables por la introducción de los nuevos servicios de alta velocidad.

En aquellas rutas de menor distancia, y con un volumen importante de viajeros por motivo de vacaciones (por ejemplo Madrid-Alicante, y Madrid-Valencia), el coche suele tener actualmente una proporción dominante sobre el total de viajes, cercana al 75%. En

³ Para más detalles de la red ferroviaria prevista, puede consultarse el Plan de Infraestructuras en la página web del Ministerio de Fomento (www.mfom.es).

estas rutas, los servicios de alta velocidad pueden alterar muy significativamente el panorama, y atraer a bastantes viajeros, desplazándolos así de la carretera al ferrocarril.

Si se analizan las rutas simétricas (Alicante-Madrid, Valencia-Madrid), resulta en principio sorprendente la asimetría que se observa en las cuotas de mercado del ferrocarril, siendo mucho más elevadas en estas últimas (49% y 44%, respectivamente) que en sus otros sentidos, de forma que el ferrocarril puede ser el principal modo de transporte en 2010 en estas rutas. La explicación a la asimetría hay que buscarla por un lado en el volumen de viajeros que se desplazan en uno u otro sentido (conviene recordar que hablamos de viajeros residentes en el origen), y por otro en el tipo de viajeros, de forma que en las rutas Levante-Madrid existirá un mayor porcentaje de viajes por motivo distinto a vacaciones. Este hecho explica también la diferencia en las cuotas de mercado que se observan en ambos casos para el avión.

Hay que señalar también que todas las estimaciones de las cuotas actuales de mercado de los modos de transporte son datos obtenidos de la explotación de la encuesta Movilia, y por ello están sometidos a posibles oscilaciones por la existencia de errores de muestreo.

Finalmente, la tabla 7 presenta también un resumen global de los resultados obtenidos con la muestra de 143 rutas empleadas en este estudio. Por un lado, se han calculado las cuotas medias de mercado de cada modo de transporte, ponderadas por el volumen total de viajeros en cada ruta para el año 2000, y con la misma metodología y los flujos previstos para el 2010 se calculan las cuotas de cada modo esperadas para ese año. Los resultados indican que en el año 2000, el tren tuvo una cuota media del 8.9%, tomando como referencia las rutas de la muestra, que se considera bastante representativa del conjunto de viajes en España⁴. Esta cuota pasará a ser del 22.8% en 2010, es decir, casi se va a triplicar como consecuencia de las inversiones del Plan de Infraestructuras.

En términos del volumen total de viajeros, en la muestra de rutas empleadas utilizaron el ferrocarril 3.9 millones de viajeros/año, cifra que se va a incrementar hasta

⁴ El total de viajes inter-provinciales realizados por residentes se estima a partir de los datos de Movilia en 100.5 millones de desplazamientos anuales, mientras que las 143 rutas de la muestra con las que se calculan las cuotas ponderadas de la tabla 7 representan un total de 43.9 millones de viajes.

12.6 millones en 2010. Esto supone un aumento del 320%, o equivalentemente, una tasa acumulativa media de crecimiento anual del 12.5%.

Parte de este espectacular incremento se puede atribuir al aumento global de la demanda de viajes, debido al crecimiento de la población pero también al efecto inducido por la mejora global de la red de transporte. No obstante, la mayor parte del incremento de usuarios esperado para el ferrocarril se deberá a modificaciones en los equilibrios modales actuales. Estos cambios van a venir provocados por la mayor competitividad de los servicios ferroviarios frente a las alternativas (mejora en los tiempos de conexión y mejores tarifas relativas)

6. Conclusiones

En este trabajo, se han analizado los impactos de tipo microeconómico que pueden esperarse del Plan de Infraestructuras 2000-10 del Ministerio de Fomento, en términos del incremento de demanda global de transporte (separando los efectos de crecimiento de la población de aquellos otros inducidos por la mejora de la red), así como de los cambios esperables sobre las cuotas de mercado que actualmente tiene cada modo de transporte (avión, ferrocarril, bus y tren). Los viajes analizados se refieren a desplazamientos de larga distancia inter-provinciales (más de 100 km), y la información de base procede de una encuesta de movilidad realizada por el Ministerio de Fomento.

Para cuantificar el aumento global de demanda se ha estimado un modelo de tipo gravitacional, en el que se obtiene que las variables más importantes que determinan los flujos de viajeros entre provincias son la distancia entre ellas, que afecta de forma inversa; la población residente en el origen, con un efecto positivo y una alta elasticidad (0.8); y la población de la provincia de destino, que tiene un efecto positivo pero más bajo (elasticidad 0.4), que refleja el grado de atracción en términos de actividad económica. A estas variables, se les añade con una importancia relativamente menor el grado de desarrollo de la red de transporte, medido por el valor del stock de capital de las infraestructuras de las provincias de origen y destino. Los resultados obtenidos de este modelo son que el número total de viajeros va a incrementarse en un 1.53% anual durante el periodo 2000-10. Este crecimiento puede desglosarse en un 0.33% atribuible al crecimiento natural de la población, y un 1.20% inducido por las mejoras en la red de transporte que van a generar las inversiones previstas en el Plan de Infraestructuras.

Para evaluar el impacto de la infraestructura sobre el cambio de equilibrio modal, se ha estimado un modelo logit que permite predecir las cuotas de mercado futuras del ferrocarril, a partir de supuestos sobre ahorros de tiempo y tarifas, así como la elasticidad de los viajeros a los principales parámetros para la elección de modo de transporte: tiempo y coste. Los resultados indican que los viajeros de tren y bus son muy sensibles a variaciones en el tiempo, y en menor medida a la tarifa, mientras que lo contrario sucede para los viajeros de avión. En este último resultado tiene influencia el hecho de que estamos considerando rutas dentro de la península Ibérica donde las distancias son relativamente cortas y por tanto los tiempos de conexión por avión tienen poca variabilidad. Esta reducida posibilidad de variación de tiempos, unida a un porcentaje relativamente bajo de viajeros por motivo de trabajo, explica la elevada elasticidad al precio.

En términos de impacto sobre las rutas principales donde van a introducirse servicios AVE, los efectos dependen de la distancia y del equilibrio modal actualmente observado, así como de la composición del tipo de viajeros (principalmente por motivo de viaje). En rutas relativamente largas, el ferrocarril va a captar viajeros fundamentalmente del avión y del bus, mientras que en otros recorridos más cortos se espera que el tren puede atraer a usuarios actuales del automóvil, y puede convertirse en el modo principal en algunas rutas de densidad media/baja.

En resumen, utilizando una muestra amplia de las principales rutas interprovinciales en España (que representa alrededor del 44% del total de viajes anuales estimados por Movilia), se puede concluir que el impacto esperado del Plan de Infraestructuras va a ser un aumento de la cuota media de mercado del ferrocarril, que pasará del 8.9% en el año 2000 hasta un 22.8% en 2010.

7. Bibliografía

- Bajo, O.; Sosvilla, S. (1993): 'Does Public Capital Affect Private Sector Performance? An Analysis of the Spanish Case, 1964–1988', *Economic Modelling*, 10(3), 179-85.
- Cantos, P.; Gumbau-Albert, M.; Maudos, J. (2002): 'Transport Infrastructure and Regional Growth: Evidence of the Spanish Case', WP-EC 2002-27, Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas (IVIE).
- De la Fuente, A. (1996): 'Infraestructuras y productividad: un panorama de la evidencia empírica', *Información Comercial Española*, 757, 25-40.
- Draper, M.; Herce, J.A. (1994): 'Infraestructuras y crecimiento: un panorama', *Revista de Economía Aplicada*, 6, 129-168.
- Erlander, S.; Stewart, N. F. (1990): *The Gravity Model in Transportation Analysis*, VSP, Utrecht,
- Gaudry, M.; Blum, U.; McCallum, J. (1996): 'A First Gross Measure of Unexploited Single Market Integration'. In Urban, S. (Ed), *Europe's Challenges*, Gabler Verlag, New York.
- Gramlich, E.M. (1994): 'Infrastructure Investment: A Review Essay', *Journal of Economic Literature*, 32, 1176-96.
- Helliwell, J. F. (1998), 'How Much Do National Borders Matter?', Brookings Institution, Washington DC.
- Mas, M.; Maudos, J.; Pérez, F.; Uriel, E. (1994): 'Capital público y productividad en las regiones españolas', *Moneda y Crédito*, 198, 163-192.
- McCallum, J. (1995): 'National Borders Matter: Canada-U.S. Regional Trade Patterns', *American Economic Review* 85(3), 615-623.

Tabla 1. Variables utilizadas en los modelos estimados

Total viajes: Elevación a datos poblacionales de los resultados de los flujos de viajes interprovinciales.	<i>Fuente:</i> Movilia
Tiempo de viaje: Conexión entre capitales, tiempo empleado en el interior del vehículo (avión, tren, bus o coche), no incluye acceso al punto de embarque ni tiempo de espera.	<i>Fuentes:</i> RENFE, Iberia, empresas autobús, Guía Michelin.
Coste del viaje: Tarifa clase económica para un solo trayecto. Para el coche, se usa un valor de 0.20 € por km, considerando únicamente los costes variables por viaje (resto son costes hundidos).	<i>Fuentes:</i> RENFE, Iberia, empresas autobús,
Intervalo de salidas: Tiempo medio entre dos servicios de transporte público, toma valor cero para el coche, representando disponibilidad perfecta.	<i>Fuentes:</i> RENFE, Iberia, empresas autobús,
Distancia: medida por coordenadas geográficas a partir de los puntos de origen y destino de los encuestados. Datos agregados son promedios provinciales.	<i>Fuente:</i> Movilia
Renta: PIB per cápita provincial (2000)	<i>Fuente:</i> INE
Viajes trabajo: viajes declarados por motivo profesional, porcentaje en cada ruta.	<i>Fuente:</i> Movilia
Población provincial	<i>Fuente:</i> INE
Stock de capital: Datos del valor del stock de infraestructuras de transporte (carreteras, ferrocarril, puertos y aeropuertos)	<i>Fuente:</i> IVIE

Tabla 2. Correlación de Pearson de las variables explicativas

	2	3	4	5
1. log_distancia	0.274	0.346	0.217	0.310
2 log_pob_dest		-0.391	0.956	-0.420
3. log_pob_ori			-0.414	0.957
4. log_stock_des				-0.424
5. log_stock_ori				1

Tabla 3. Modelo Gravitacional del número de viajeros de Movilia

Variable	Coef.	Err.	t-ratio	Sign.
Cte	2.14408	0.988133	2.16983	0.0313231
log_distancia	-1.47307	0.120261	-12.249	0.00000
log_pob_dest	0.393624	0.153476	2.56472	0.0111371
log_pob_ori	0.807308	0.157858	5.11414	7.98E-07
log_stock_des	0.241356	0.194177	1.24297	0.215487
log_stock_ori	0.0796245	0.191313	0.416201	0.677756

Tabla 4. Resultados del modelo logit multinomial

Variable	MUESTRA COMPLETA		SUBMUESTRA RUTAS 4 MODOS	
	Parámetro	t-ratio	Parámetro	t-ratio
TIEMPO	-0.3645	-27.58	-0.4606	-21.47
COSTE	-0.0018	-4.28	-0.0185	-22.69
INTERVALO	-0.1302	-22.92	-0.1011	-11.36
RENTA_Avión	-0.196 E-03	-53.25	-0.984 E-04	-17.29
RENTA_Tren	-0.130 E-03	-34.59	-0.103 E-03	-22.20
RENTA_Bus	0.597 E-05	1.58	-0.605 E-04	-11.57
DISTANCIA_Avión	0.253 E-03	1.21	-0.245 E-02	-8.12
DISTANCIA_Tren	0.155 E-02	7.12	-0.361 E-03	-1.29
DISTANCIA_Bus	-0.331 E-02	-15.32	-0.218 E-02	-6.78
VTRABAJO_Avión	3.1734	26.91	2.9676	20.19
VTRABAJO_Tren	2.0024	16.38	1.7476	12.77
VTRABAJO_Bus	1.2453	10.37	0.1990	1.20
	Maximum Likelihood Estimates Weighting variable VIAJES Number of observations: 143 R ² 0.51038 Adj. R ² 0.49019 Log likelihood -29791.37		Maximum Likelihood Estimates Weighting variable VIAJES Number of observations: 40 R ² 0.29179 Adj. R ² 0.21310 Log likelihood -13621.65	

Tabla 5. Elasticidades derivadas del modelo logit multinomial

	ELASTICIDADES-TIEMPO				ELASTICIDADES-COSTE			
	Variación t_avión	Variación t_tren	Variación t_bus	Variación t_coche	Variación c_avión	Variación c_tren	Variación c_bus	Variación c_coche
Avión	-0.498	0.474	0.320	1.477	-2.561	0.113	0.054	0.942
Tren	0.090	-2.527	0.320	1.477	0.463	-0.604	0.054	0.942
Bus	0.090	0.474	-2.936	1.477	0.463	0.113	-0.491	0.942
Coche	0.090	0.474	0.320	-1.024	0.463	0.113	0.054	-0.653

Tabla 6. Evolución de los viajes de residentes para el año 2010

Ruta	Total	Población	Infraestructura
Lugo-Asturias	0.91%	-0.67%	1.59%
Córdoba-Sevilla	1.03%	0.50%	0.53%
Lugo-Madrid	1.03%	-0.22%	1.25%
Vizcaya-Zaragoza	1.06%	-0.05%	1.11%
España	1.53%	0.33%	1.20%
Valencia-Cuenca	3.54%	0.39%	3.14%
Alicante-Albacete	3.59%	1.61%	1.95%
Madrid-Cuenca	3.80%	0.65%	3.13%
Murcia-Alicante	3.86%	1.75%	2.07%
Tarragona-Huesca	4.00%	1.04%	2.93%

Tabla 7. Predicciones de cambio modal y volumen de viajeros en rutas seleccionadas

	CUOTAS								TOTAL VIAJEROS	
	2000 (Movilia) *				Predicción 2010				TREN (miles) **	
	Avión	Tren	Bus	Coche	Avión	Tren	Bus	Coche	2000	2010
<i>Corredor Noreste</i>										
Barcelona-Madrid	64%	7%	8%	21%	42%	38%	3%	16%	51.5	337.1
Madrid-Barcelona	58%	13%	4%	24%	38%	36%	4%	22%	83.0	269.9
Barcelona-Zaragoza	0%	14%	30%	56%	1%	30%	14%	54%	76.7	193.7
Zaragoza-Barcelona	0%	10%	33%	58%	1%	33%	15%	52%	17.7	69.0
<i>Corredor Levante</i>										
Alicante-Madrid	8%	29%	16%	47%	10%	49%	7%	34%	51.0	117.1
Madrid-Alicante	1%	14%	11%	74%	4%	24%	8%	64%	200.3	481.0
Madrid-Valencia	6%	11%	11%	72%	4%	26%	13%	57%	130.0	368.3
Valencia-Madrid	16%	24%	5%	55%	10%	44%	11%	34%	182.3	421.2
<i>Eje Mediterráneo</i>										
Alicante-Barcelona	5%	33%	5%	57%	15%	43%	2%	40%	40.2	67.8
Barcelona-Alicante	6%	23%	14%	57%	10%	30%	2%	59%	40.4	68.1
<i>Corredor Sur</i>										
Madrid-Málaga	9%	22%	9%	60%	6%	30%	14%	50%	114.1	195.6
Cádiz-Madrid	-	42%	15%	42%	-	59%	11%	30%	116.2	196.7
Madrid-Cádiz	-	13%	10%	78%	-	31%	12%	58%	38.2	110.1
<i>Corredor Noroeste</i>										
Madrid-Pontevedra	7%	13%	9%	72%	9%	20%	9%	62%	27.9	54.0
Pontevedra-Madrid	35%	6%	12%	47%	25%	40%	7%	28%	8.5	65.5
<i>Corredor Norte</i>										
Asturias-Madrid	17%	3%	30%	51%	12%	37%	12%	39%	8.7	133.3
Madrid-Asturias	6%	6%	7%	82%	6%	20%	12%	62%	26.5	118.3
Madrid-Cantabria	1%	3%	9%	87%	4%	18%	10%	68%	18.4	120.1
Madrid-Vizcaya	15%	1%	31%	53%	7%	22%	13%	58%	7.8	162.1
Vizcaya-Madrid	18%	9%	29%	43%	10%	28%	13%	49%	24.7	88.0
CUOTAS MEDIAS Y TOTAL VIAJEROS	4.5%	8.9%	10.5%	76.2%	3.4%	22.8%	12.3%	61.5%	3,885.3	12,596.0

Notas: * Datos estimados en la encuesta, sujetos a errores de muestreo

** Viajeros residentes en la provincia de origen