

# COMPETITIVIDAD INTERMODAL DEL TAV A GALICIA

*Mar González Savignat\**

En este artículo se analiza el impacto que tendría la inversión en una nueva infraestructura ferroviaria en el corredor de transporte que conecta Galicia con Madrid. Para ello se plantea un modelo de demanda de viajes que, a partir de la evidencia empírica disponible, permite simular distintos escenarios de oferta futura para esta nueva alternativa de viaje. En concreto, se evalúa la capacidad que tendrá el futuro tren de alta velocidad de competir con el avión y el vehículo privado. Los resultados permiten obtener conclusiones en términos de distribución modal resultante en el corredor en un contexto con un tren más competitivo que el actualmente existente. Se demuestra que el impacto sobre la demanda de viajes y la captación de demanda dependerá de las condiciones de oferta y planificación del servicio con el que opere la futura alternativa.

**Palabras clave:** *economía del transporte, política de transporte, transporte ferroviario.*

**Clasificación JEL:** *C25, C53, D12, L92, R42.*

## 1. Introducción

El transporte de viajeros ha experimentado cambios importantes tanto desde el punto de vista de los condicionantes de la demanda como de los requerimientos respecto al nivel de servicio que demandan los usuarios. En este contexto, el servicio ferroviario,

que tradicionalmente había mantenido una posición dominante en el mercado, ha presenciado un declive constante de su participación tanto en la demanda de viajes de pasajeros como de mercancías. La escasa adecuación de este modo de transporte a una economía más dinámica y desarrollada se traduce en la pérdida de competitividad del ferrocarril tradicional, en favor del avión en las distancias largas y del vehículo privado en las distancias más cortas.

En este contexto, el tren de alta velocidad se presenta como una nueva forma de entender el transporte ferroviario, mejorando notablemente la calidad del

---

\* Departamento de Fundamentos del Análisis Económico. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad de Vigo.

La autora quiere agradecer las sugerencias recibidas de Anna Matas. Este trabajo se ha beneficiado de las ayudas económicas recibidas del MOPTMA, del Ministerio de Ciencia y Tecnología (SEC1999-1236-C02-01) y de la Xunta de Galicia (PGIDT00PXI30005PN).

servicio ofrecido y recuperando, en determinados contextos, parte de la competitividad perdida. Los principales beneficios del tren de alta velocidad se encuentran en la disminución de la congestión en la entrada y salida de las ciudades y en los aeropuertos, reducción de los accidentes pero sobre todo en los ahorros de tiempo que reporta respecto al servicio ferroviario tradicional. Que estos beneficios potenciales sean una realidad dependerá en buena medida de la capacidad que tenga la nueva infraestructura de atraer viajes desde los modos alternativos.

En este artículo se analiza la competitividad del futuro tren de alta velocidad a Galicia frente al avión y al vehículo privado. En primer lugar, se presenta el marco metodológico que permite derivar la función de demanda de viajes a partir del concepto de coste generalizado del viaje. A continuación se resume el modelo de referencia que describe un modelo de demanda elección modal para el trayecto Madrid-Barcelona en un contexto muy similar a la inversión futura en el corredor gallego. Los resultados de este modelo de referencia se extienden al trayecto noroeste con el fin de simular distintos escenarios para la alternativa futura y cuantificar su impacto sobre los viajeros de avión y de vehículo privado en términos de partición modal.

## 2. El modelo de demanda de viajes

En lo que respecta a la modelización de la demanda de viajes los modelos desagregados han supuesto uno de los mayores avances en el análisis de la demanda de servicios de transporte. En concreto, los modelos de elección discreta ofrecen importantes ventajas frente a los modelos agregados ya que al utilizar información a nivel individual son consistentes con la teoría del consumidor. La función de demanda agregada que se deriva de este tipo de modelos es muy adecuada para

analizar y caracterizar las decisiones de viaje individuales. Éste será el contexto en el que se desarrolla este trabajo.

Se supone que la demanda de viajes ( $q$ ) es función del coste generalizado del viaje  $q = f(g)$  siendo  $q$  el número de desplazamientos y  $g$  el coste generalizado del viaje que recoge el coste monetario y de tiempo que el individuo destina al viaje y que, por lo tanto, no podrá destinar a otras actividades. Así, la elección de la alternativa de viaje dependerá del coste generalizado de cada una de ellas:

$$q_i = f(g_i) \quad \text{siendo} \quad g_i = \alpha C^i + \sum_t \beta_t T_t^i$$

donde  $g_i$  es el coste generalizado de la alternativa  $i$  que depende del coste monetario del viaje en esta alternativa,  $C^i$ , y del tiempo total que el individuo invierte en el desplazamiento,  $T^i$ . El subíndice  $t$  recoge los distintos tiempos asociados al viaje, tales como tiempo de viaje, tiempo de espera o tiempo de acceso, entre otros.

La elección del modo de viaje es un problema de tipo discreto, por lo que es preciso replantear la teoría del consumidor con el fin de derivar la función de demanda. Small y Rosen (1981) generalizan estos resultados al caso discreto y Bruzelius (1981) demuestra las condiciones necesarias y suficientes para derivar una función de demanda a partir del concepto del coste generalizado del viaje. Estas aportaciones permiten desarrollar el trabajo empírico de forma congruente con la teoría y será el marco de referencia adoptado.

El consumidor se enfrenta a dos alternativas de viaje,  $q_i$  y  $q_j$ , de tal forma que lo que se observa es:

$$q_i = \begin{cases} 1 & \text{si elige } i \\ 0 & \text{si elige } i \neq j \end{cases}$$

Si se asume que el individuo elige aquella alternativa que minimiza la desutilidad del viaje<sup>1</sup>, esto necesariamente implica que:

$$q_i = \begin{cases} 1 & \text{si } g_i < g_j \\ 0 & \text{si } g_i > g_j \end{cases}$$

Por lo tanto, el modelo de demanda de viajes trata de explicar la elección modal individual estimando una medida de la utilidad que deriva el individuo de cada alternativa en función del coste generalizado del viaje en cada una de ellas. Siguiendo la Teoría de la Utilidad Aleatoria (Manski, 1977) esta utilidad ( $U$ ) tiene un componente observable ( $V$ ) y un componente aleatorio ( $\varepsilon$ ). En este contexto, en lugar de conocer con certeza cuál es la alternativa elegida, el modelo de elección discreta asigna una probabilidad a cada elección modal. Así, la probabilidad de elegir la alternativa  $i$  es igual a la probabilidad de que la utilidad que el viajero deriva del viaje en esta alternativa sea mayor que la utilidad de viajar en cualquiera de las restantes alternativas del conjunto de elección ( $C_n$ ):

$$\text{prob}(i/C_n) = \text{prob}[U_i > U_j; \forall j \in C_n] = \text{prob}[V_i + \varepsilon_i > V_j + \varepsilon_j]$$

La probabilidad de elección modal se estima a partir de la información observable de la utilidad y de la distribución adoptada para el término de error. El componente observable  $V$  incluye aquellas variables que influyen en la elección y que, generalmente, se corresponden con las características de oferta de las alternativas. El mo-

delo aplicado en este trabajo es un modelo logit binario que se deriva de suponer una distribución Gumbel para el componente estocástico. Así la probabilidad de elegir la alternativa  $i$  frente a la alternativa  $j$  se obtiene como:

$$\text{prob}_i = 1/(1 + e^{V_i - V_j}) \quad [1]$$

En este contexto, una inversión en infraestructura de transporte que genere ahorros de tiempo, como puede ser, por ejemplo, una nueva infraestructura en alta velocidad, puede alterar los costes generalizados relativos de las alternativas y, por lo tanto, la desutilidad del viaje, consiguiendo con ello un incremento en el bienestar. Por lo tanto, los individuos pueden alterar sus elecciones modales debido a la nueva inversión, y esto es lo que se trata de analizar en el contexto seleccionado.

### 3. El modelo

Se trata de evaluar el impacto que tendrá el futuro servicio ferroviario que unirá Galicia con la meseta central en la distribución modal del corredor. En concreto, se analiza hasta qué punto y en qué condiciones podría ser una alternativa de viaje competitiva frente al avión y al vehículo privado, que se presentan como los modos mayoritariamente elegidos para viajar. Al no disponer de datos respecto al corredor de transporte objeto de análisis y tratarse de una alternativa en proyecto, se adoptan como referencia datos existentes disponibles para el corredor Madrid-Barcelona (González-Savignat, 2000). Estos datos son transferidos al caso de Galicia.

La transferibilidad de un modelo de demanda es la capacidad de ser aplicado y extendido a un contexto diferente a aquel en que fue formulado y estimado<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Esta demanda se considera derivada, es decir, no es un fin en sí misma, ya que se produce para realizar otras actividades que sí lo son. Desde este punto de vista, la teoría (BRUZELIUS, 1981; DESERPA, 1971) supone que viajar genera desutilidad al individuo ya que existe un coste de oportunidad asociado a los recursos monetarios y de tiempo (de trabajo o de ocio) que se destinan al viaje.

<sup>2</sup> La transferencia puede ser en el tiempo o en el espacio. El caso que se presenta a continuación supone una transferencia en el espacio.

Esto implica que el modelo transferido es capaz de aportar información en el nuevo escenario. La evidencia empírica demuestra que las propiedades de transferencia mejoran en determinadas condiciones<sup>3</sup>. En concreto, una función de demanda de viajes obtenida a partir de un modelo de elección discreta se presenta como el marco adecuado para realizar dicha transferencia de forma coherente. Estos modelos ofrecen importantes ventajas frente a los modelos agregados ya que su fundamentación proporciona un marco consistente para modelizar el comportamiento del consumidor. Al utilizar información a nivel individual los resultados están menos afectados por errores de agregación tales como peculiaridades en los datos o por factores geográficos y demográficos, problemas que surgen habitualmente al trabajar con datos agregados. Por lo tanto, los modelos desagregados con información a nivel micro son más estables y, por lo tanto, transferibles en el tiempo y en el espacio.

La capacidad de transferibilidad de un modelo es evaluada en función de diversos factores. En primer lugar, el proceso conductual del individuo debe ser el mismo en ambos escenarios, es decir, en el modelo base y en el modelo de transferencia. La especificación del modelo debe ser tal que describa adecuadamente dicho proceso en cada contexto. Además se ha comprobado (Wilmot, 1983) que las propiedades de transferencia mejoran cuando ésta se lleva a cabo entre segmentos de la población que poseen características similares. Por otro lado, un modelo que incluya características específicas del contexto de calibración, será menos transferible. Por último, la congruencia de los datos en ambas situaciones requiere que la medición y definición de las variables sea lo más homogénea posible. A continuación se demuestra que estos

requerimientos descritos convierten el escenario seleccionado como un marco muy apropiado para llevar a cabo dicha transferencia.

### **El modelo de referencia**

El modelo de referencia recoge el contexto base a partir del cual se obtuvieron los datos originales de demanda de viajes en el trayecto Madrid-Barcelona y que proporcionan los resultados empíricos que se pretenden transferir al corredor noroeste aquí analizado.

El modelo de referencia describe el proceso de elección modal en dos contextos distintos tratados de forma independiente. En uno de ellos se evalúa el impacto que, sobre la demanda de viajes que actualmente se realizan en avión, tendrá el futuro tren de alta velocidad Madrid-Barcelona y, en el otro, el modo de referencia es el vehículo privado. En ambos el tren de alta velocidad aparece como alternativa hipotética de viaje que, aun siendo hipotética, es realista ya que es una inversión en realización. Las condiciones para el modelo de transferencia son las mismas. Se evalúa el modelo transferido en dos escenarios perfectamente paralelos al descrito. En el corredor noroeste Galicia-Madrid la alternativa ferroviaria de alta velocidad es también hipotética y realista y se mantiene la modelización independiente de las decisiones de viaje en vehículo privado y avión frente a la alternativa futura. Esto permite extraer conclusiones más detalladas y ajustadas en cada contexto ya que los condicionantes de la demanda varían mucho en cada caso analizado. La nueva infraestructura puede alterar los costes generalizados relativos de las alternativas disponibles y se trata de analizar hasta qué punto los individuos que actualmente viajan en avión o en vehículo privado podrían alterar su elección hacia la nueva opción de transporte. Este impacto será evaluado bajo distintos escenarios que en el corredor noroeste pueda ofertar la alternativa futura.

---

<sup>3</sup> KOPPELMAN y WILMOT (1982) y GALBRAITH y HENSHER (1983).

Respecto a las variables que caracterizan la oferta de transporte, en el modelo de referencia se incluyeron todas aquellas que determinan la elección modal y se considera que el modelo está especificado adecuadamente. En concreto, el modelo de elección discreta que analiza la demanda de viajes entre tren de alta velocidad (TAV) *versus* avión (a) incluye las variables precio ( $P$ ), tiempo de viaje ( $TV$ ), tiempo de acceso ( $TA$ )<sup>4</sup> y frecuencia ( $F$ ) para ambas alternativas. Así, la desutilidad de viajar en cada alternativa  $i$  ( $V_i$ ) será evaluada en función de estas variables de oferta adoptando una función indirecta de utilidad aditiva y lineal en los parámetros para el componente determinístico que es la forma funcional más comúnmente utilizada en la literatura (Ben-Akiva y Lerman):

$$V_{TAV} - V_a = \beta_p(P_{TAV} - P_a) + \beta_{tv}(TV_{TAV} - TV_a) + \beta_{ta}(TA_{TAV} - TA_a) + \beta_f(F_{TAV} - F_a)$$

Así, y de modo congruente con lo expuesto en la ecuación [1], se estima un modelo logit binomial a partir del cual es posible obtener el valor de los parámetros  $\beta$  que recogen el efecto de cada variable (utilidad marginal) sobre la probabilidad de elegir cada alternativa de viaje. En concreto, la variable dependiente estimada será la probabilidad de elegir el tren de alta velocidad<sup>5</sup>.

Paralelamente el modelo tren de alta velocidad *versus* vehículo privado ( $vp$ ) incluye en la función indirecta de utilidad la tarifa, el tiempo de viaje y la frecuencia para el tren de alta velocidad y el coste de combus-

tible, el peaje y el tiempo de viaje para el vehículo privado.

Una ventaja muy importante presente en el modelo de referencia es el tipo de datos utilizados. Al ser el tren de alta velocidad una alternativa hipotética y, por lo tanto, no observable, fue preciso crear un mercado inexistente a partir del cual fuera posible derivar las elecciones modales. La recogida de esta información se llevó a cabo a través de un trabajo de campo en el corredor de transporte Madrid-Barcelona, incorporando en el cuestionario el mercado hipotético que se definió a partir de un modelo de diseño experimental (Bates, 1988). A cada viajero de avión y de vehículo privado se le planteaban una serie de escenarios hipotéticos en los que el tren de alta velocidad presentaba distintos niveles para las variables definidas previamente. El individuo alteraba o no su elección en función del cambio en el nivel de dichas variables<sup>6</sup>. Una de las características que contribuyen a la transferibilidad de los resultados de un modelo es la existencia de variabilidad suficiente en las características relevantes. La aplicación de diseños experimentales en el modelo de referencia garantiza la variabilidad en el conjunto de escenarios planteados a cada individuo. De hecho, se trataba de medir en qué condiciones el nuevo tren de alta velocidad podría captar demanda de las alternativas existentes. Este marco se convierte así en un contexto muy adecuado para transferir los resultados del modelo de referencia al que se plantea en este trabajo.

<sup>4</sup> Se considera como tiempo de acceso la antelación con la que el viajero parte del lugar de origen (trabajo, domicilio, etcétera) hacia la estación o aeropuerto. Es decir, considera tiempo de desplazamiento, facturación y embarque.

<sup>5</sup> Al ser un modelo logit binario, también se puede obtener la probabilidad de elegir avión o vehículo privado, según el modelo analizado, como  $1 - \text{Prob}(TAV)$ .

<sup>6</sup> Los viajeros de avión elegían avión frente a tren de alta velocidad y los usuarios de vehículo privado elegían coche frente a tren de alta velocidad. Cada individuo decidía sobre nueve escenarios en los cuales las variables eran siempre las mismas pero no sus valores o niveles. El experimento se diseñó aplicando un modelo en fracciones factoriales (GONZÁLEZ-SAVIGNAT, 2000).

En concreto, se utilizan cuatro modelos de referencia ya que dentro de cada submuestra de mercado se segmentó según el viaje se realizara en horas de ocio o de trabajo<sup>7</sup>. Esta aproximación trata de adaptarse a la literatura que trata de forma distinta a un ahorro de tiempo de viaje (derivado, por ejemplo, de un servicio de transporte más rápido) dentro del horario laboral o fuera de él<sup>8</sup>. Los parámetros utilizados en el modelo de transferencia para la simulación se presentan en el Cuadro 1<sup>9</sup>.

Derivar el modelo empírico a partir de la teoría de la utilidad presenta importantes ventajas en términos de interpretación de los resultados obtenidos. Los parámetros estimados que se presentan en el Cuadro 1 recogen el peso que el viajero medio de cada segmento otorga a las diferentes características; es decir, la utilidad marginal. Al ser un modelo de elección discreta binario, lo relevante es el coste o tiempo adicional o, alternativamente, el ahorro en coste y/o tiempo de viaje que supone la elección de una alternativa respecto a la otra. Por ello, el parámetro recoge el efecto de la diferencia en el coste y en los tiempos asociados

al viaje. El modelo de referencia presenta propiedades estadísticas adecuadas que confirman su capacidad para ser transferido a otro contexto<sup>10</sup>.

Los parámetros estimados recogen cuantitativamente el coste de oportunidad de los recursos monetarios y de tiempo destinados al viaje. En primer lugar, el signo negativo estimado para el precio, tiempo de viaje, tiempo de acceso y combustible es el esperado ya que viajar no es bien final sino que se considera como una demanda intermedia derivada del consumo de otros bienes que sí son finales. Por lo tanto, el individuo deriva desutilidad del gasto y del tiempo consumido en el viaje ya que son recursos que no puede destinar a otras actividades. Por su parte, el signo positivo de la frecuencia es el adecuado ya que una mayor frecuencia implica un menor tiempo dedicado al viaje (en términos de tiempo de espera, por ejemplo).

Los modelos estimados permiten afirmar que, en general, los individuos que viajan por motivo de trabajo derivan menor desutilidad del precio y mayor desutilidad del tiempo asociado al viaje que los que viajan por ocio. Esto significa que la disposición a pagar por obtener un ahorro en el tiempo de viaje es mayor en viajes de trabajo que de ocio.

### El modelo de transferencia

El modelo de transferencia permitirá predecir el efecto que las características de la oferta de servicio de transporte sobre la demanda del TAV futuro en el corredor noroeste. Consecuente con el modelo probabilístico como marco de referencia, se obtiene la variación en la probabilidad de elegir cada alternativa ante

<sup>7</sup> Ya se ha comentado que las propiedades de transferencia mejoran cuando ésta se realiza entre segmentos de la población que poseen características similares. En el modelo de referencia se comprobó que esta segmentación recogía adecuadamente la heterogeneidad respecto a las características socioeconómicas y del viaje dentro de cada subgrupo de población, siendo más homogéneas en la partición propuesta. Por lo tanto, la transferencia de los resultados mantiene esta distinción.

<sup>8</sup> Debido al supuesto acerca de que el coste de oportunidad del tiempo depende del uso alternativo del tiempo ahorrado. Es decir, si se transfiere a horas de trabajo productivas o a horas de ocio.

<sup>9</sup> Se estimaron especificaciones alternativas para las variables tales como recoger efectos no lineales a través de incorporar efectos cuadráticos a la función, o segmentaciones adicionales sobre las muestras presentadas en el Cuadro 1. Sin embargo, o bien resultaron no significativas o bien las restricciones impuestas sobre los parámetros fueron aceptadas por los datos. Este resultado es razonable ya que se analiza un tipo de viaje concreto muy homogéneo en distancia y características para todos los individuos analizados. En este tipo de contextos de elección modal la evidencia empírica demuestra (GUNN, 2001) que la especificación lineal es razonable.

<sup>10</sup> En concreto, la significatividad individual y conjunta, el grado de ajuste y, en especial, la estabilidad de los parámetros respecto a las distintas formas funcionales estimadas.

**CUADRO 1**  
**PARÁMETROS DEL MODELO DE REFERENCIA**

Variable dependiente: Probabilidad de elegir TAV				
	Modelo TAV vs avión		Modelo TAV vs coche	
	Viajes de trabajo	Viajes de ocio	Viajes de trabajo	Viajes de ocio
Precio . . . . .	-0,00014 (-3,8)	-0,00031 (-3,4)	-0,00035 (-7,7)	-0,00046 (-8,8)
Tiempo de viaje . . . . .	-0,0310 (-14,4)	-0,0310 (-5,8)	-0,0115 (-4,7)	-0,0086 (-2,7)
Frecuencia . . . . .	0,5880 (8,0)	0,3590 (1,9)	0,6288 (2,0)	—
Tiempo de acceso . . . . .	-0,0123 (-3,9)	-0,0046 (-0,6)	—	—
Combustible . . . . .	—	—	-0,00028 (-3,9)	-0,0006 (-7,1)
Constante . . . . .	2,980 (10,0)	3,499 (4,8)	—	—

cambios en las variables de oferta. Para ello se obtiene un escenario base que será utilizado como referencia para analizar los cambios en la distribución modal. Este escenario se obtiene a partir de los parámetros expuestos en el Cuadro 1, como medida de la utilidad marginal de cada variable, y de las características de la oferta de transporte para ambas alternativas.

Como excepción conviene mencionar la corrección del efecto marginal asociado al coste del viaje. Este efecto mide la utilidad marginal que deriva el viajero de una alternativa de viaje más barata, es decir, la utilidad que le reporta el incremento relativo de su renta disponible al destinar menos recursos al viaje. En este sentido, dado que la disposición a pagar está relacionada con el nivel de renta y ésta varía por grupos de población, se considera conveniente analizar si existen diferencias importantes entre

la población objetivo del modelo de referencia y la del modelo de transferencia. Al no disponer de datos individuales para el corredor noroeste, se utiliza una magnitud agregada que permite verificar diferencias importantes entre Cataluña y Galicia. Esta magnitud es el VAB/empleos para la submuestra que viaja en horas de trabajo como medida aproximada de la productividad y la renta familiar disponible per cápita si el viaje se realiza en horas de ocio. La magnitud, por lo tanto, difiere según el tipo de viaje que se realice, ya que parece más conveniente considerar que es la empresa la que paga un viaje en horario laboral y es la renta familiar la que asume el coste de un viaje de ocio. En cualquier caso, no se constatan diferencias importantes entre ambas magnitudes. Al comparar Galicia con Cataluña se obtiene que el VAB/empleos y también la Renta familiar disponible per cápita son un 30 por

100 mayores en Cataluña que en Galicia<sup>11</sup>. Por lo tanto, el modelo de transferencia incorpora un factor igual a 1,3 que se introduce en interacción con el efecto marginal asociado al coste del viaje presentado en el Cuadro 1 y que trata de reflejar que un coste más elevado provocará mayor desutilidad en los viajes del corredor noroeste (modelo de transferencia) que en los del modelo de referencia en términos relativos.

Con el fin de obtener el impacto de la nueva infraestructura sobre ambas alternativas de viaje consideradas y derivar la probabilidad de elección modal es necesario establecer determinados supuestos acerca del nivel de servicio de cada alternativa en el escenario base. Estos valores de referencia tratan de reflejar las condiciones reales en las que opera cada alternativa. Para el caso de las alternativas existentes con las que se compara el servicio ferroviario en ambos modelos presentados, avión y vehículo privado, se analizan datos reales del corredor en cuanto a frecuencias, tiempos de viaje, precios, consumos de combustible y coste de carburante, etcétera. Más complicado resulta determinar las características de oferta respecto a la alternativa futura. Para ello, se analizan datos reales referentes al tren de alta velocidad Madrid-Sevilla y proyecciones del servicio Madrid-Barcelona.

Además se utiliza la escasa información oficial disponible para el corredor objeto de análisis (*Plan de Infraestructuras 2000-2007* en el apartado correspondiente a Infraestructuras Ferroviarias).

En cualquier caso el objetivo de este trabajo no es predecir el nivel de servicio con el que el futuro TAV a Galicia competirá en el mercado sino valorar el efecto

de estos distintos niveles de oferta sobre la distribución modal en el corredor, simulando distintos escenarios para la alternativa futura de viaje. Las variables de servicio pueden ser consideradas como instrumentos de política bajo el control de la agencia pública. Así, los resultados que a continuación se exponen ofrecen una intuición importante para analizar los efectos de determinadas decisiones de inversión o de planificación del servicio.

El modelo probabilístico permite obtener la probabilidad de elegir cada alternativa de viaje a partir de las funciones de utilidad descritas en el apartado 2. La simulación pretende valorar y cuantificar el cambio en la probabilidad de elegir cada alternativa ante un cambio en las condiciones en las que opera el servicio ferroviario. Para ello, se considera más razonable que la variación afecte únicamente a características del viaje en tren de alta velocidad manteniendo constante el valor de referencia adoptado para las alternativas. Así, la probabilidad recogida en la ecuación [1] se compara con:

$$P'_{TAV} = \frac{1}{1 + \exp \left[ \sum_k \beta^k (\Delta X^k_{TAV} - X^k_j) \right]} \quad [2]$$

Siendo  $P'_{TAV}$  la nueva cuota de mercado correspondiente al TAV o, alternativamente, la probabilidad con la que el agente representativo medio de cada grupo de población elige esta alternativa de viaje. La función de utilidad para cada alternativa se expresa como una suma ponderada entre los parámetros estimados  $\beta^k$ , que recogen el efecto de cada variable  $k$  (Cuadro 1), sobre la probabilidad de elección modal, y de las características de la alternativa futura,  $X_{TAV}$ , y  $X_j$  que recoge las condiciones de oferta o bien para el avión o para el vehículo privado según el modelo objeto de análisis.

<sup>11</sup> Se adopta la media obtenida para los años 1996, 1997 y 1998 (BBVA).

#### 4. Resultados

De forma congruente con el modelo de demanda de viajes expuesto en el Cuadro 1, las probabilidades de elección modal se presentan manteniendo la misma segmentación<sup>12</sup>. La heterogeneidad de las preferencias de los viajeros que viajan por motivo de trabajo y de ocio respecto a las alternativas de viaje permite evaluar de forma desagregada el impacto que tendrá la futura alternativa ferroviaria y la capacidad para competir en el corredor dependiendo del tipo de viajero analizado. Los Cuadros 2 y 3 presentan los resultados.

Los resultados expuestos para el modelo de transferencia permiten configurar el escenario base a partir del cual se evalúa el impacto de distintas políticas de oferta sobre la demanda de viajes. Para ello es preciso definir un nivel para cada variable  $X_k$  de cada alternativa con el objetivo de crear un contexto lo más realista posible. Las características de las alternativas se estiman, tal y como se ha expuesto previamente, recurriendo al mercado si éste existe (por ejemplo, tarifas aéreas vigentes en el contexto seleccionado, estimaciones de consumos de carburante para vehículos) y las propias respuestas de los individuos encuestados acerca del viaje que realizan en avión o en vehículo privado si éstas se consideran apropiadas en el contexto del corredor noroeste<sup>13</sup>. Para la alternativa tren

de alta velocidad al ser hipotética se establecen determinados supuestos basados en otras experiencias reales como el TAV Madrid-Sevilla y en las previsiones de inversión que existen hasta el momento para el corredor noroeste. El escenario base hay que entenderlo como punto de partida ya que la simulación permite analizar distintos escenarios de competencia intermodal dependiendo de las características y del nivel de servicio con el que opere la futura alternativa. En concreto, se valora, en condiciones *ceteris paribus* para el resto de los atributos, el impacto sobre la demanda de viajes en distintas condiciones de oferta de servicio, de inversión o de planificación simuladas para el tren. Es decir, se evalúa el efecto sobre la probabilidad de elegir el tren como alternativa de viaje cuando se altera únicamente una variable de oferta permaneciendo el resto invariables respecto al nivel definido en el escenario base. Esto permite aislar el impacto sobre la demanda atribuible a cada característica del viaje, ya que permite una mejor y más clara interpretación que si se alteraran varias de forma simultánea.

En el Cuadro 2 se analiza el impacto que tendrá sobre la demanda de viajes que actualmente se realizan en avión la entrada en servicio de un servicio ferroviario más competitivo que el actual. La segunda columna muestra la variación aplicada sobre cada variable explicativa correspondiente. Este cuadro muestra cómo ese cambio altera la probabilidad de elección modal respecto al escenario base aplicando la ecuación [2].

Los resultados confirman que la inversión futura tendrá un impacto significativo sobre la demanda de viajes en avión, aunque conviene destacar que este impacto dependerá en buena medida del nivel de servicio

<sup>12</sup> Esta segmentación es habitual en la literatura y coherente con la teoría (BRUZELIUS, 1981; MVA, 1987). Además, los resultados empíricos del modelo de referencia confirman la heterogeneidad de ambos tipos de viajeros y la conveniencia de tratarlos de forma independiente.

<sup>13</sup> Para el tren de alta velocidad los valores supuestos como punto de partida para configurar el escenario base en ambos modelos presentados son: precio 76 euros, tres horas y media para el tiempo de viaje, 60 minutos para el tiempo de acceso y una frecuencia de hora y media. En el modelo TAV versus avión, esta última alternativa se caracteriza con un precio de 108 euros y 60 y 90 minutos para el tiempo de viaje y de acceso, respectivamente. La frecuencia es horaria. Para el coche, en el modelo TAV versus vehículo privado se adopta el supuesto

de 39 euros en coste de combustible, 6,6 euros en peaje y cinco horas y media para el tiempo de viaje.

**CUADRO 2**  
**DISTRIBUCIÓN MODAL EN EL CORREDOR NOROESTE: AVIÓN vs TREN**

	$\partial$	Motivo trabajo		Motivo ocio	
		TAV	Avión	TAV	Avión
Escenario base . . . . .	%	0,39	0,61	0,68	0,32
Precio . . . . .	-20	0,50	0,50	0,86	0,14
	-10	0,45	0,55	0,78	0,22
	+10	0,34	0,66	0,56	0,44
	+20	0,29	0,71	0,43	0,57
	$P_t = P_o$	0,20	0,80	0,21	0,79
Tiempo de viaje . . . . .	-20	0,70	0,30	0,89	0,11
	-10	0,55	0,45	0,80	0,20
	+10	0,25	0,75	0,52	0,48
	+20	0,15	0,85	0,36	0,64
Tiempo de acceso . . . . .	-20	0,42	0,58	—	—
	-10	0,41	0,59	—	—
	+10	0,38	0,62	—	—
	+20	0,36	0,64	—	—
	$TA_t = TA_o$	0,28	0,72	0,68	0,32
Frecuencia . . . . .	-20	0,41	0,59	0,69	0,31
	-10	0,40	0,60	0,68	0,32
	+10	0,38	0,62	0,67	0,33
	+20	0,37	0,63	0,66	0,34
	$F_t = F_o$	0,32	0,68	0,70	0,30

con el que compita en el mercado. Bajo los supuestos adoptados en el escenario base anteriormente mencionados, el modelo estima que alrededor del 39 por 100 de los individuos que actualmente viajan en avión podrían ser atraídos hacia la nueva alternativa ferroviaria si el viaje se realiza en horas de trabajo y un 68 por 100 si se viaja en horas de ocio. Por lo tanto, el TAV se presenta como una alternativa más competitiva frente al avión para los viajeros que viajan por este último motivo. Sin embargo, se comprueba fácilmente en los resultados expuestos que este impacto podría ser muy

distinto atendiendo a la simulación realizada, por lo que merece un análisis más detallado.

Se comprueba que una disminución en el precio del billete en tren supondría un aumento significativo de la demanda de viajes en esta alternativa. Por ejemplo, una reducción del 20 por 100 respecto al precio referente en el escenario de partida se traduciría en un incremento de diez puntos porcentuales a favor del tren para los viajes con motivo de trabajo. El impacto es significativamente mayor si la reducción del precio afecta a los viajes de ocio tal y como muestra el Cua-

dro 2. Un resultado interesante se refleja en el escenario en el que se simula un precio igual para ambas alternativas ( $P_t = P_a$ ). Este precio, aunque podría parecer poco realista para la alternativa de viaje tren, está más cercano al coste del viaje en este modo de transporte<sup>14</sup>. En este caso, la demanda de viajes en tren se reduciría de forma drástica, captando un 20 por 100 de la demanda de viajes en avión.

El tiempo de viaje aparece como la variable más determinante respecto a la capacidad del futuro TAV para competir frente al avión. En el escenario base se adopta el supuesto de una duración de tres horas y media para el viaje completo analizado. Aunque en el momento presente la inversión se encuentra fundamentalmente en fase de proyecto y no de construcción, las proyecciones realizadas para este servicio plantean una duración del viaje que se situaría entre las tres horas y media y las cuatro horas. A partir de los resultados obtenidos en las simulaciones realizadas para distintos tiempos de viaje es posible adelantar y predecir que la capacidad del futuro servicio ferroviario para competir como alternativa de viaje y atraer demanda de viajes vendrá determinada fundamentalmente por las decisiones de inversión y planificación no sólo del material móvil, sino especialmente del trazado e inversión en la vía ferroviaria. La simulación realizada muestra que una reducción en la duración del viaje del 20 por 100, equivalente a un tiempo de

viaje algo inferior a tres horas, significaría que el 70 por 100 de los viajeros que viajan por motivo de trabajo en avión y el 89 por 100 de los que lo hacen por ocio se desviarían al nuevo modo de transporte. El desvío de viajeros sería, por lo tanto, muy importante<sup>15</sup>, y esto es así porque este escenario refleja un tiempo de viaje para el tren en el que las condiciones de competencia con el avión son las óptimas. La evidencia empírica demuestra que la capacidad del tren de alta velocidad para competir con el avión tiene la mejor respuesta en trayectos de entre 500 y 600 kilómetros que puedan ser recorridos en un tiempo de viaje entre dos horas y media y tres horas. Para mayores distancias y tiempos de viaje en tren, la experiencia demuestra que la alternativa mayoritariamente preferida sigue siendo el avión. En cualquier caso, las proyecciones de inversión y tiempo de viaje reveladas hasta el momento distan mucho de estar en este intervalo y, por lo tanto, de obtener este importante desvío de pasajeros del avión. Si finalmente se confirman estas previsiones, el escenario más ajustado a este contexto es recogido en el Cuadro 2 con la simulación de un tiempo de viaje superior al 20 por 100 respecto al escenario base. En este caso, el impacto estimado es significativamente inferior; un 15 por 100 de los individuos que viajan actualmente en avión por motivo de trabajo tendrían una probabilidad alta de cambiar su elección hacia el nuevo modo de transporte. Si el viaje es de ocio, la cuota de mercado que captaría el tren frente al avión sería del 36 por 100, lo que significa nuevamente una disminución importante respecto al escenario base<sup>16</sup>.

---

<sup>14</sup> La tarifa del Ave Madrid-Sevilla es la que se ha adoptado como referencia para el escenario base ya que se considera más realista. Esta tarifa equivale aproximadamente a 21 pesetas por viajero-kilómetro y es una referencia común adoptada en diversos estudios realizados para la línea Madrid-Barcelona. Sin embargo, esta tarifa está lejos de cubrir, ya no los costes de construcción, sino incluso todos los costes de mantenimiento. Parece razonable extender la misma política de precios para esta futura infraestructura, y éste es el supuesto adoptado. Sin embargo, también resulta de interés analizar el impacto que tendría una tarifa que permitiera una mayor autonomía financiera del servicio y, por lo tanto, un menor volumen de subvención pública.

---

<sup>15</sup> Conviene tener presente que con el servicio ferroviario actualmente existente entre el corredor noroeste y Madrid el tiempo de viaje es de ocho horas en el tren más rápido (Talgo diurno) y diez horas en el servicio nocturno.

<sup>16</sup> En este artículo nos hemos referido al futuro servicio ferroviario del corredor noroeste como «tren de alta velocidad» ya que es la definición utilizada en las fuentes analizadas. Sin embargo, conviene mencionar

La configuración del servicio también será un elemento fundamental que afectará al tiempo de viaje en tren. En este sentido, la planificación de la oferta respecto a la decisión del número de paradas intermedias en el trayecto serán determinantes siguiendo los resultados expuestos. Desde este punto de vista, el aumento en el número de paradas intermedias en el viaje reducirá en buena medida la competitividad del tren disminuyendo con ello el devío de viajeros del avión, aunque esta pérdida llevaría asociada el incremento de otro tipo de viajeros al aumentar el área de captación de demanda. En este trabajo solamente se analiza el trayecto de larga distancia, por lo que no es posible valorar esta ganancia.

Respecto a la variable tiempo de acceso, el Cuadro 2 refleja que no será una variable tan determinante de la elección modal como el precio o el tiempo de viaje aunque su impacto no es despreciable. El último escenario para esta variable muestra la simulación en la que se considera un tiempo de acceso igual para ambas alternativas. En los escenarios restantes para esta variable se consideró siempre mayor el tiempo de acceso al avión que al tren ya que se planteaba como el supuesto más realista. Por ello, el cambio de un 10 o 20 por 100 en esta variable, aunque presenta un impacto significativo no parece determinante de la elección modal. Sin embargo, la simulación con tiempos de acceso iguales en ambas alternativas, avión y TAV, ofrece un resultado relevante; la cuota de mercado del tren frente al avión se reduciría a un 28 por 100 en los

viajes de trabajo. Esto significa que la localización de la estación del tren se presenta como una decisión de planificación determinante de la demanda futura de viajes en TAV. Si no es posible viajar de centro a centro en los puntos origen-destino se merma una ventaja comparativa importante que presenta el tren frente al avión, que obliga a realizar desplazamientos importantes hacia o desde el aeropuerto.

La frecuencia del servicio ferroviario se presenta como la variable con menor impacto sobre el potencial desvío de viajeros desde el avión. Los resultados confirman que la competitividad del servicio ferroviario futuro está condicionado en buena medida a la capacidad de igualar los tiempos puerta a puerta del avión, independientemente de cómo se distribuya este tiempo entre tiempo de viaje y de acceso.

El Cuadro 3 muestra el impacto que tendrá el TAV sobre la demanda de viajes en vehículo privado. Los condicionantes de la demanda de viajes en alternativas de transporte privado son más particulares respecto a alternativas de transporte público. Aunque la planificación de la infraestructura desarrollada hasta el momento no parece predecir la disponibilidad futura de una alternativa de alta velocidad para todo el trayecto analizado, la inversión supondrá una mejora significativa en cuanto a tiempos de viaje si se compara con el tren actual.

Los resultados presentados en el Cuadro 3 muestran que la competitividad que tendrá el tren de alta velocidad sigue estando en este caso condicionada por el nivel de oferta del servicio futuro, aunque ofrece un resultado menos positivo para el tren que en el caso anterior. En el escenario base que se adopta como el supuesto más realista para ambas alternativas, se obtiene que solamente el 17 por 100 de los viajeros que actualmente viajan en coche por motivo de trabajo dejarían de utilizarlo y viajarían en la alternativa futura. La cuota de mercado desciende al 11 por 100 para los viajes de ocio. Res-

---

que un servicio ferroviario que une dos puntos origen-destino con una distancia no superior a 600 kilómetros, como es el caso, y que no desarrolle una velocidad comercial que le permita realizar el trayecto en tres horas aproximadamente, no presenta las condiciones para tal denominación. En este contexto, parecería más adecuado tratar a la nueva infraestructura como «tren rápido» ya que podría superar las cuatro horas de tiempo de viaje dadas las proyecciones realizadas hasta el momento.

**CUADRO 3**  
**DISTRIBUCIÓN MODAL EN EL CORREDOR NOROESTE: COCHE vs TREN**

	$\partial$	Motivo trabajo		Motivo ocio	
		TAV	Coche	TAV	Coche
Escenario base . . . . .	%	0,17	0,83	0,11	0,89
Precio . . . . .	-20	0,40	0,60	0,37	0,63
	-10	0,27	0,73	0,21	0,79
	+10	0,10	0,90	0,05	0,95
	+20	0,06	0,94	0,02	0,98
	$P_t = P_c$	0,68	0,32	0,74	0,26
Tiempo de viaje . . . . .	-20	0,25	0,75	0,15	0,85
	-10	0,21	0,79	0,13	0,87
	+10	0,14	0,86	0,09	0,91
	+20	0,11	0,89	0,08	0,92
	$TV_t = TV_c$	0,05	0,95	0,04	0,96
Frecuencia . . . . .	-20	0,19	0,81	—	—
	-10	0,18	0,82	—	—
	+10	0,17	0,83	—	—
	+20	0,16	0,84	—	—

pecto al análisis desagregado por variables, la simulación realizada permite confirmar que el precio del billete en tren tendrá un mayor impacto sobre la demanda que el resto de las variables de tiempo. En concreto, la cuota de mercado mayor para el tren (68 por 100 para viajes de trabajo y 74 por 100 para viajes de ocio) se obtiene bajo el supuesto de costes monetarios iguales para el viaje en ambas alternativas (en este caso la tarifa trata de igualar el coste de combustible y peaje de viaje en coche). Esta política de precios supondría la necesidad de asumir un coste muy importante en términos de subvención al servicio ferroviario ya que no permitiría cubrir ni siquiera los costes variables.

El tiempo de viaje aparece como una variable menos determinante del desvío de viajeros desde el vehículo privado pero su efecto no es despreciable.

Bajo el supuesto de un servicio ferroviario con una duración del viaje igual a la del vehículo privado para el trayecto analizado (de aproximadamente cinco horas), el desvío de viajeros a la nueva alternativa supone un porcentaje insignificante.

Las simulaciones realizadas para la frecuencia del servicio ferroviario no permiten definir este atributo de transporte como una variable determinante de la política de oferta si se pretende influir en la demanda de viajes en coche.

Por lo tanto, solamente con tiempos de viaje para el tren no superiores a las tres horas y tarifas cercanas al coste del viaje en automóvil permitirían convertir al servicio ferroviario en una auténtica alternativa de viaje respecto a la elegida hasta el momento por este tipo de viajeros. Los costes de alcanzar este resultado

pueden ser demasiado elevados, por lo que cabe esperar un desvío moderado de viajes por carretera. Este resultado tampoco resulta sorprendente atendiendo a la mejora que las infraestructuras viarias han experimentado en los últimos años en el corredor analizado, con la construcción de la Autovía de las Rías Baixas y del Noroeste que han permitido no solamente una reducción significativa del tiempo de viaje en coche sino también un aumento notable de la comodidad y seguridad en la carretera.

## 5. Conclusiones

Los resultados permiten confirmar que si la futura infraestructura ferroviaria prevista para el corredor noroeste supone una mejora significativa del nivel de servicio actualmente existente, el impacto sobre la demanda de viajes actual será importante. En concreto, se analiza el potencial desvío de viajeros procedentes del avión y del vehículo privado.

La competitividad del futuro tren frente al avión dependerá fundamentalmente del tiempo de viaje y de que este servicio en proyección iguale o se acerque a la duración del tiempo de viaje en avión de origen a destino (agregando el tiempo de acceso, embarque y tiempo de viaje). Desde este punto de vista, la capacidad de atraer viajeros desde el avión no vendrá únicamente determinada por la velocidad que permita desarrollar la infraestructura o el trazado diseñado, sino también por la localización de la estación futura del tren o la minimización del número de paradas intermedias.

Respecto a los individuos que actualmente viajan en vehículo privado el impacto evaluado es sensiblemente inferior, captando una proporción de viajes significativamente inferior a la del avión en cualquiera de las condiciones analizadas. Además conviene mencionar que la mejora reciente de la infraestructura viaria en

este corredor plantea una situación más favorable para estos viajeros ya que ha supuesto no solamente una disminución importante de tiempo de viaje sino también una mejora notable de la seguridad de circulación. En cualquier caso, no debe derivarse de esta conclusión que el impacto será insignificante ya que en determinadas condiciones de oferta, especialmente tarifas más bajas para el servicio ferroviario que las actualmente aplicadas en el TAV Madrid-Sevilla o las previstas para el TAV Madrid-Barcelona, la distribución modal varía a favor del tren. Si la infraestructura que se proyecta para este corredor no es de alta velocidad en todo el trayecto sino solamente en una parte de él, los costes de inversión y de mantenimiento serán inferiores y, por lo tanto, la tarifa asociada al viaje podría ser menor que la aplicada en el Ave. Esto supondría una mayor probabilidad de captar usuarios de vehículo privado vía precios, a costa, sin embargo, de una parte significativa de los viajeros de avión, que verían al tren como una alternativa menos competitiva en términos de tiempos de viaje.

De esta investigación es posible derivar que las decisiones de inversión y planificación de la infraestructura y el nivel de servicio y precios con los que opere en un futuro este servicio ferroviario determinarán su competitividad intermodal en el corredor noroeste. Estas decisiones pueden ser determinantes para que el esfuerzo público realizado en términos de financiación responda adecuadamente a los requerimientos y necesidades de la demanda futura.

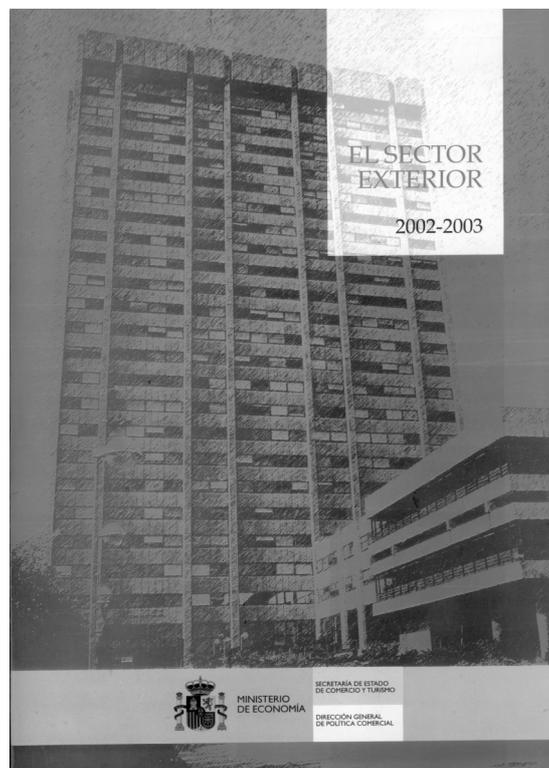
## Referencias bibliográficas

- [1] BATES, J. (1988): «Papers on Stated Preference Methods in Transport Research», *Journal of Transport Economics and Policy*, volumen I.
- [2] BEN-AKIVA, M. y LERMAN, S. R. (1985): *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*, The MIT Press.

- [3] BRUZELIUS, N. (1981): «Microeconomic Theory and Generalized Cost», *Transportation*, volumen 10, páginas 233-245.
- [4] DESERPA, A. C. (1971): «A Theory of Economics of Time», *Economic Journal*, volumen 81, número 342, páginas 233-246.
- [5] GALBRAITH, R. A. y HENSHER, D. A. (1982): «Intra-metropolitan Transferability of Mode Choice Models», *Journal of Transport Economics and Policy*, volumen XVI-1, páginas 7-29.
- [6] GONZÁLEZ-SAVIGNAT, M. (2000): *Preferencias declaradas con diseño de experimentos: una aplicación al tren de alta velocidad*, Tesis Doctoral, Universidad de Vigo.
- [7] GUNN, H. (2001): «Spatial and Temporal Transferability of Relationships between Travel Demand, Trip Cost and Travel Time», *Transportation Research, Part E*, número 37, páginas 163-189.
- [8] KOPPELMAN, F. S. y WILMOT, C. G. (1982): «Transferability Analysis of Disaggregate Choice Models», *Transportation Research Record*, 895, páginas 18-24.
- [9] MANSKI, C. (1977): «The Structure of Random Utility Models», *Theory and Decision*, número 8, páginas 229-254.
- [10] MVA, Institute of Transport Studies (University of Leeds), Transport Studies Unit (University of Oxford) (1987): «The Value of Travel Time Savings», *Policy Journals*, Newbury.
- [11] SMALL, K. A. y ROSEN, H. S. (1981): «Applied Welfare Economics with Discrete Choice Models», *Econometrica*, volumen 49, páginas 105-130.

# EL SECTOR EXTERIOR

- *Capítulo 1*  
ANÁLISIS MACROECONÓMICO DEL SECTOR EXTERIOR ESPAÑOL
- *Capítulo 2*  
EL COMERCIO DE MERCANCIAS
- *Capítulo 3*  
EL COMERCIO DE SERVICIOS
- *Capítulo 4*  
INVERSIONES EXTRANJERAS
- *Capítulo 5*  
LA POLÍTICA COMERCIAL ESPAÑOLA
- **APÉNDICE ESTADÍSTICO**
  - Evolución histórica
  - Comercio exterior por sectores
  - Comercio exterior por secciones arancelarias
  - Comercio exterior por áreas geográficas
  - Comercio exterior por capítulos arancelarios
  - Comercio exterior por países
  - Comercio exterior por comunidades autónomas.
  - Turismo
  - Inversiones extranjeras en 2002
  - Balanza de pagos
  - Comercio internacional
  - Competitividad



Información:  
Ministerio de Economía  
Paseo de la Castellana, 162-Vestíbulo  
28071 Madrid  
Teléf. 91 349 36 47