



fedea

Fundación de
Estudios de
Economía Aplicada

Competencia intermodal en el corredor Madrid-Zaragoza-Barcelona ante la introducción del tren de alta velocidad

Concepción Román García

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

**Colección Estudios Económicos
11-08**

Serie Economía de las Infraestructuras
CÁTEDRA Fedea – Abertis

ISSN 1988-785X
www.fedea.es

Competencia intermodal en el corredor Madrid-Zaragoza-Barcelona ante la introducción del tren de alta velocidad

Concepción Román García

Departamento de Análisis Económico Aplicado
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Resumen

El análisis de la demanda constituye una pieza clave en la evaluación de proyectos de políticas públicas. Las decisiones de inversión en infraestructuras de transporte deben apoyarse en el conocimiento del comportamiento de la demanda en el área de influencia de dichas infraestructuras. Las disposiciones a pagar por disponer de nuevas alternativas o por mejorar las existentes representan también un elemento relevante a la hora de cuantificar los beneficios sociales de los proyectos. En este trabajo se realiza un análisis de la demanda que permite estudiar la competencia que ejercerá el tren de alta velocidad (AVE) sobre el resto de los modos de transporte en el corredor Madrid-Zaragoza-Barcelona. La atención se centra en las rutas de mayor demanda: Madrid-Zaragoza y Madrid-Barcelona. En el primer caso, se espera que el AVE ejerza una mayor competencia sobre el vehículo privado, mientras que en el segundo corredor se espera que capte un mayor número de viajeros del avión. El análisis se basa en la estimación de modelos de demanda desagregados de tipo Logit Jerárquico que utilizan la información proporcionada por encuestas de preferencias reveladas y declaradas dirigidas a los viajeros. Se analiza cuál es el efecto de las variables clave para la política de transporte y de otros factores que tradicionalmente no se incorporan a los modelos como el confort y la fiabilidad. Además de los valores del tiempo de viaje, acceso, y espera, se obtienen medidas de disposición a pagar por reducir el tiempo de retraso y por mejorar la comodidad en el avión. Se analiza la respuesta de la demanda ante varios escenarios de política que consideran mejoras en los servicios ferroviarios y posibles reacciones de los modos competidores y se calculan las elasticidades directas y cruzadas de la demanda del AVE con respecto a los principales atributos.

Parte de este trabajo ha sido realizado con financiación del Ministerio de Fomento dentro del “Programa de Ayudas a la Investigación 2002 en el área de Transporte”.

1. INTRODUCCIÓN

Las redes transeuropeas de transporte constituyen el principal instrumento de política aplicado en el seno de la Unión Europea para lograr crecimiento, competitividad y empleo. Tradicionalmente, la política europea de transporte se ha caracterizado por un enfoque que combina, entre otras, medidas dirigidas a revitalizar el sector del ferrocarril, poniendo especial énfasis en el desarrollo de los corredores de alta velocidad. Estos corredores se caracterizan por una elevada densidad de flujo de pasajeros entre las principales ciudades de la Unión Europea con servicios de ferrocarril que operan a velocidades cercanas a los 300 km/h. Otro argumento empleado habitualmente por los políticos en favor del desarrollo del ferrocarril es que las líneas de alta velocidad pueden virtualmente captar una cuota importante de pasajeros del transporte aéreo, ofreciendo tiempos totales de viaje más convenientes entre los centros de actividad económica de las ciudades. Sin embargo, los trabajos que analizan desde una perspectiva económica la inversión en alta velocidad ferroviaria son escasos en comparación con el volumen de capital público destinado a su construcción y financiación¹ y con la prioridad que se ha concedido a los proyectos de inversión en infraestructuras de alta velocidad dentro de las redes transeuropeas (De Rus y Román (2006)).

Un buen ejemplo de este tipo de infraestructura, y que podría eventualmente ajustarse a ese modelo de política, es la nueva línea de alta velocidad (AVE) entre Madrid y Barcelona. Esta línea, que ya está operando en el corredor Madrid-Zaragoza-Lleida, se espera que complete su recorrido hasta Barcelona a principios del año 2008, cubriendo una distancia de 625 km. La conexión de dicha línea con el AVE Madrid-Sevilla (inaugurado en el año 1992) dará lugar a reducciones sustanciales en el tiempo de viaje entre las principales ciudades de la Península Ibérica, y entre las principales ciudades Europeas una vez que se haya completado la extensión a la frontera francesa. Estas reducciones permitirán a los pasajeros viajar entre Madrid y Barcelona en menos de tres horas.

Madrid y Barcelona, son las áreas metropolitanas más importantes del país con cinco y tres millones de habitantes respectivamente. Desde un punto de vista demográfico, Zaragoza (700.000 habitantes) es la principal ciudad localizada en el corredor que une Madrid y Barcelona. Por otra parte, cabe destacar que estas dos ciudades están conectadas desde hace varias décadas por un puente aéreo que, hoy por hoy, constituye uno de los mercados domésticos más importantes del mundo (con 4,7 millones de pasajeros en el año 2006). Las principales aerolíneas que operan en dicho mercado ofrecen en total más de 130 vuelos al día, de los cuáles cerca de 70 son utilizados por los viajeros del puente aéreo.

Los impactos causados por las inversiones en trenes de alta velocidad pueden ser analizados desde diferentes perspectivas, y la mayoría de los proyectos son, en el mejor de los casos, sólo evaluados a nivel nacional. Estos estudios varían tanto en enfoque

¹ La mitad de los 248.892 millones de euros del total de las actuaciones previstas dentro del Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte (PEIT), para el periodo 2005-2020, se destinan a inversiones ferroviarias. El 60% de la financiación del PEIT es presupuestaria y el 40% extra presupuestaria, aunque en el caso del ferrocarril la presupuestaria alcanza el 81%. Un tercio del total de la inversión del PEIT hasta el 2020 se destina a alta velocidad.

como en cobertura y podrían clasificarse en los siguientes grupos: evaluación económica general (Laird et al., 2005; Martín, 1997; Nash, 1991; Sichelschmidt, 1999; Short y Kopp, 2005; van Exel et al., 2002; Vickerman, 1997); evaluación de la rentabilidad económica de corredores concretos (de Rus e Inglada (1993, 1997), para el AVE Madrid-Sevilla; Levinson et al. (1997) para Los Angeles-San Francisco; de Rus y Román (2007) para el AVE Madrid-Zaragoza-Barcelona; Steer Davies Gleave (2004) y Atkins (2004) para el caso del Reino Unido; y de Rus y Nombela (2004) para la Unión Europea); evaluación de los efectos regionales (Blum et al., 1997; Haynes, 1997; Plassard, 1994; Vickerman, 1995); estudios de impacto sobre la accesibilidad (Fröidh, 2005; Gutiérrez et al., 1996; Gutiérrez, 2001; Martín et al., 2004; Vickerman et al., 1999); y, finalmente, en relación a la competencia intermodal, Combes y Linnemer (1999) estudian los impactos de la creación de una nueva infraestructura que conecta dos puntos y coexiste con la ya existente utilizando un enfoque de teoría de juegos; y González-Savignat (2004a y 2004b) analiza por separado la competencia del tren del alta velocidad con el avión y el vehículo privado definiendo un contexto hipotético de preferencias declaradas en el corredor Madrid-Barcelona.

El análisis riguroso del comportamiento de la demanda constituye una pieza clave en la evaluación de proyectos de políticas públicas. Las decisiones de inversión en infraestructuras de transporte no pueden independizarse del volumen de demanda existente en el área de influencia de dichas infraestructuras ya que éste determina en gran medida el margen de rentabilidad social de la inversión. Aunque se sabe que la mayor parte de los beneficios en proyectos de transporte se derivan de los ahorros de tiempo de los viajeros, es importante determinar si hay otros factores, aparte de los que tradicionalmente se tratan en la literatura, que los individuos tienen en cuenta a la hora de tomar sus decisiones. Tanto la selección del conjunto de factores apropiado, como su correcta especificación en el modelo, tienen una incidencia directa sobre el resultado de la evaluación de un proyecto determinado.

En este trabajo se realiza un análisis de demanda que permite estudiar la competencia que ejerce el AVE sobre el resto de los modos de transporte en el corredor Madrid-Barcelona. La atención se centra en las rutas de mayor demanda: Madrid-Zaragoza y Madrid-Barcelona. En el primer caso, se espera que el AVE ejerza una mayor competencia sobre el vehículo privado, mientras que en el segundo corredor se espera que capte un mayor número de viajeros del avión. Para ello, se plantean modelos de demanda desagregados, basados en la información proporcionada por encuestas de preferencias reveladas y declaradas dirigidas a los viajeros en los corredores anteriormente mencionados. Se analiza cuál es el efecto de las variables clave para la política de transporte y de otros factores que tradicionalmente no se incorporan a los modelos, pero que pueden incidir de manera decisiva tanto en las decisiones de los viajeros, como en la interpretación y uso de los resultados del análisis. Además de los valores del tiempo de viaje, acceso, y espera, se obtienen medidas de disposición a pagar por reducir el tiempo de retraso y por mejorar la comodidad en el avión. Se analiza la respuesta de la demanda ante varios escenarios de política que consideran mejoras en los servicios ferroviarios y posibles reacciones de los modos competidores y se calculan las elasticidades directas y cruzadas de la demanda del AVE con respecto a los principales atributos.

El resto del artículo se organiza de la manera siguiente: en la sección 2 se plantea el marco teórico sobre el que se basa el análisis de la demanda. En la sección 3 se describen las principales características de las bases de datos utilizadas en el estudio. La

sección 4 presenta los pasos seguidos en el proceso de modelización y los resultados de la estimación. La sección 5 muestra las aplicaciones del modelo, y finalmente las conclusiones generales del trabajo se recogen en la sección 6.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Gran parte de las decisiones económicas que toman los individuos implican la elección entre un conjunto de alternativas discretas. Dentro del contexto del transporte estas situaciones se dan con mucha frecuencia; la elección de modo, la elección de ruta o la elección de destino son sólo algunos ejemplos que obedecen a este patrón. Cuando se consumen bienes de naturaleza discreta (no divisibles), lo que importa no es cuánto se consume sino qué se consume. En estas situaciones, el comportamiento del consumidor está representado por la elección realizada y la respuesta de la demanda a nivel agregado, ante un cambio determinado, se cuantifica a través del efecto que dicho cambio produce sobre las decisiones que toman los individuos en su conjunto. Por ejemplo, a nivel individual, una subida en el precio del combustible puede hacer que un individuo deje de usar el vehículo privado y elija una alternativa de transporte público, o que simplemente siga viajando en coche al nuevo precio. En este caso, el efecto sobre la demanda a nivel agregado se representa por el número total de individuos que cambian de alternativa.

Los modelos de demanda desagregados tienen su fundamento teórico en la microeconomía de las elecciones discretas (McFadden, 1981). En este sentido, el comportamiento del consumidor está determinado por las cantidades que consume de bienes divisibles y por la elección de alternativas discretas que están representadas por una serie de atributos que reflejan características de dichos bienes (Lancaster, 1966). De este modo, la formulación del problema del consumidor es la siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Max}_{Y, j} U(Y, Q_j) &= \text{Max}_j \left[\text{Max}_Y U(Y, Q_j) \right] \\ \text{s. a: } \sum_i P_i Y_i + c_j &\leq I \\ Y_i &\geq 0 \quad j \in J \end{aligned} \quad (1)$$

siendo P_i el precio del bien i de naturaleza continua (divisible), Y_i la cantidad del bien i , Q_j el vector de características de la alternativa discreta j , c_j el coste de la alternativa discreta j , I la renta del individuo y J el conjunto de alternativas disponibles.

La resolución de las condiciones de primer orden fijando la alternativa j (interior del corchete en (1)) proporciona las demandas condicionales $Y_j(P, I - c_j, Q_j)$. De la sustitución de Y_j en la función de utilidad, se obtiene la función de utilidad indirecta condicional $V_j = V_j(P, I - c_j, Q_j)$, que representa la máxima utilidad que puede obtener el individuo al elegir la alternativa j . En una segunda etapa, al maximizar en j , el individuo elegirá aquella alternativa que le proporcione máxima utilidad. Si se define $V^* = \text{Max}_{j \in J} V_j(P, I - c_j, Q_j)$, la identidad de Roy proporciona la demanda de las alternativas discretas:

$$\frac{\frac{\partial V^*}{\partial c_j}}{\frac{\partial V^*}{\partial I}} = \delta_j = \begin{cases} 1 & \text{si } V_j \geq V_i \quad \forall i \neq j \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (2)$$

que, en este caso, es una variable discreta.

Derivando V_j podemos obtener la utilidad marginal de la renta $\frac{\partial V_j}{\partial I} = -\frac{\partial V_j}{\partial c_j}$ y el valor subjetivo de la característica k (VS_k) o la disposición a pagar por mejorar dicha característica: $\frac{\partial V_j / \partial q_{kj}}{\partial V_j / \partial c_j}$.

La cuantificación de estas magnitudes podrá llevarse a cabo una vez que V_j se haya estimado empíricamente. En general, cualquier función de utilidad indirecta que cumpla las propiedades matemáticas adecuadas puede ser aproximada² en función del nivel de precisión que se desee obtener, por una especificación lineal en los parámetros que incorpore diversas transformaciones e interacciones de las variables explicativas. La especificación elegida para la función de utilidad indirecta condiciona, de manera sustancial, aspectos tan importantes como el valor subjetivo de un atributo determinado (por ejemplo, el valor del tiempo), el análisis del efecto que produce la variación conjunta de dos o más variables (interacciones) y el papel que juega la renta en las decisiones de los individuos.

La teoría de la utilidad aleatoria proporciona el fundamento teórico del modelo econométrico. Existen diversas interpretaciones del modelo de utilidad aleatoria. La adoptada comúnmente por los economistas se debe a McFadden (1974) y establece que la función de utilidad indirecta condicional puede expresarse como la suma de una componente observable o representativa y de una componente no observable de naturaleza aleatoria. De este modo, la utilidad de la alternativa j para el individuo q viene representada por la expresión:

$$U_{jq} = V_{jq} + \varepsilon_{jq} \quad (3)$$

donde V_{jq} es la utilidad representativa (u observable por parte del modelizador) que el individuo q asocia a la alternativa A_j y que se expresa en términos de un vector de atributos medibles $\vec{X}_{jq}$; ε_{jq} representa la componente aleatoria de la utilidad y recoge aspectos no observables de naturaleza aleatoria.

La variable dependiente refleja el comportamiento del individuo y es una variable discreta. El modelo tiene, por tanto, un carácter probabilístico y a partir de su estimación se obtiene la distribución de probabilidad de la variable dependiente para cada observación individual³, que a su vez dependerá de las hipótesis que se efectúen

² A través de un desarrollo de Taylor en un entorno del punto crítico.

³ Es decir, la probabilidad de que el individuo q elija la alternativa j que viene dada por la expresión:
 $P_{jq} = P(V_{jq} + \varepsilon_{jq} \geq V_{iq} + \varepsilon_{iq} \quad \forall i \neq j) = P(\varepsilon_{iq} \leq \varepsilon_{jq} + (V_{jq} - V_{iq}) \quad \forall i \neq j)$

acerca de la distribución conjunta del vector de errores aleatorios ε_{jq} . Cuando ε_{jq} son variables aleatorias iid de acuerdo a la distribución Gumbel obtenemos el modelo Logit Multinomial. El modelo Logit Jerárquico (Williams, 1977) es apropiado cuando existe correlación entre grupos de alternativas que se agrupan en nidos, de tal forma que la propiedad de independencia de alternativas irrelevantes del modelo MNL se cumple para alternativas dentro del mismo nido y no se cumple para alternativas pertenecientes a nidos diferentes. En este caso los errores siguen la distribución del valor extremo generalizado.

3. LOS DATOS

Corredor Madrid-Zaragoza

El análisis de la demanda de viajes en el corredor Madrid-Zaragoza se realiza a partir de información obtenida de la explotación de una encuesta de Preferencias Reveladas dirigida a los usuarios de los principales modos de transporte en dicho corredor: coche⁴, autobús, tren de alta velocidad (AVE) y avión⁵. El objetivo de esta encuesta era captar las preferencias de los viajeros ante la nueva situación de mercado creada tras la introducción de la nueva línea de alta velocidad en este corredor.

Las encuestas de los usuarios de autobús, AVE y avión se realizaron mediante entrevista personal, mientras que a los usuarios de coche se les entregó un cuestionario que sería cumplimentado por el viajero y devuelto posteriormente por correo. Se diseñó un cuestionario específico para los usuarios de los distintos modos de transporte. En todos los casos, el cuestionario estaba formado por cuatro bloques fundamentales: identificación del cuestionario, información relativa al viaje realizado, información relativa al hogar del entrevistado e información socioeconómica de dicha persona. En la parte de información relativa al viaje se incluyeron preguntas, no sólo para obtener información acerca de los principales atributos de la alternativa elegida, sino también para poder obtener información de todas aquellas alternativas que el viajero tenía disponibles para realizar el viaje y que no eligió. El tamaño de la muestra en cada modo de transporte se determinó teniendo en cuenta la información disponible en otros estudios acerca de la distribución modal en el corredor (González-Savignat, 2000). Dado que no se disponía de información totalmente actualizada acerca de la distribución modal (tras la introducción del AVE y la desaparición del tren convencional) y teniendo en cuenta que el nuevo modo ejercería una mayor competencia sobre el vehículo privado, se decidió incrementar el número de entrevistas a los viajeros del AVE y reducir el número de entrevistas a los usuarios del coche.

⁴ En este caso se distinguió entre conductor y acompañante dado que las decisiones frente a la elección modal pueden variar. En muchas ocasiones los que viajan como acompañantes tienen la oportunidad de compartir los costes de viaje con otros ocupantes (o viajar de forma gratuita) haciendo que esta alternativa resulte más rentable que utilizar su propio vehículo.

⁵ Las encuestas se realizaron durante los meses de abril y mayo de 2004. En el caso del autobús y del avión, las encuestas se realizaron en el Intercambiador de Av. de América y en la sala de embarque del Aeropuerto de Madrid, respectivamente, mientras que los usuarios del AVE fueron entrevistados en el tren. Finalmente, los usuarios del vehículo privado fueron localizados en estaciones de servicio estratégicamente localizadas entre los kilómetros 123 y 135 de la carretera nacional A-II

Después de depurar la información, se obtuvieron un total de 226 encuestas válidas en el corredor Madrid-Zaragoza. El cuadro 1 presenta el reparto modal de la muestra en dicho corredor⁶.

Cuadro 1
Reparto modal de la muestra. Corredor Madrid-Zaragoza

Modo	Viajeros	%
Coche conductor	59	26,11
Coche acompañante	17	7,52
Autobús	57	25,22
Ave	75	33,19
Avión	18	7,96

Como puede verse en el cuadro 1, los modos dominantes son el coche y el AVE, ambos con cuotas de mercado superiores al 33,5%, seguidos del autobús (con un 25%) y del avión (8%).

En el cuestionario se incluyó la pregunta: “¿Qué modo de transporte utiliza Ud. habitualmente para realizar este viaje?”. La explotación de dicha pregunta permitió obtener, en el caso de los viajeros que eligen el AVE una aproximación de los viajes generados y de los viajes desviados. Estos resultados se muestran en el cuadro 2. Así, por ejemplo, de los viajeros que eligieron el AVE, el 3% viaja habitualmente en avión, el 16% en coche, el 49% en tren (tren convencional antes de que el AVE comenzase a operar en el corredor) y el 1% en autobús. Utilizando estos resultados como una aproximación de los viajes desviados, se observa que la mayor parte de la demanda del AVE proviene del tren convencional y del coche. También se aprecia que un 31% de los viajeros del AVE realizan el viaje por primera vez; por lo que este porcentaje puede interpretarse como una aproximación de los viajes generados.

Cuadro 2
Clasificación del modo de transporte habitual por modo elegido.
Corredor Madrid-Zaragoza

CORREDOR MADRID- ZARAGOZA		MODO ELEGIDO HABITUALMENTE PARA REALIZAR EL MISMO VIAJE (Modo de procedencia) (%)				
		AVIÓN	COCHE	TREN	AUTOBÚS	PRIMER VIAJE
MODO ELEGIDO	AVIÓN	61,11	5,56	0,00	0,00	33,33
	COCHE	1,32	67,11	7,89	7,89	15,79
	AVE	2,67	16,00	49,33	1,33	30,67
	AUTOBÚS	0,00	1,75	3,51	87,72	7,02

⁶ No obstante, el pequeño sesgo que pudiera existir al comparar la distribución modal en la muestra con la verdadera distribución modal (desconocida) no afecta al resultado de la evaluación económica del AVE ya que ésta se basa en el tráfico captado de otros modos.

El cuadro 3 recoge las variables de servicio de los distintos modos, así como de las principales características socioeconómicas de los individuos en la muestra. El tiempo total de viaje se ha desagregado en sus principales componentes: tiempo de acceso, tiempo de espera, tiempo en el vehículo y tiempo de egreso (acceso al destino final). Destaca el hecho de que el tiempo total de viaje en AVE es muy similar al del coche (212 minutos aproximadamente). A pesar de que el tiempo total de viaje en avión es alrededor de 15 minutos menos que en AVE, los tiempos de acceso y de espera en este modo representan casi el 72% del tiempo total del viaje. En relación al propósito del viaje, los viajes por motivo de trabajo en este corredor representan cerca del 46% del total y casi un 59% de los viajeros eran hombres. En cuanto a la renta semanal *per cápita*, se observaron diferencias significativas entre los usuarios de los distintos modos, siendo el promedio de esta variable de 208 euros para los usuarios de autobús y de 318 euros para los usuarios del AVE.

Cuadro 3
Análisis descriptivo de la muestra. Corredor Madrid-Zaragoza

	Modo elegido					Total modos
	Coche conductor	Coche Acompañante	Autobús	AVE	Avión	
Elección	59	17	57	75	18	226
Disponibilidad de la alternativa	164	92	189	218	171	-
VARIABLES DE SERVICIO (Promedio sobre alternativa disponible)						
Tiempo de acceso (minutos)	-	-	29	27	37	-
Tiempo de espera (minutos)	-	-	30	23	60	-
Tiempo de viaje (minutos)	213	208	256	129	57	-
Tiempo de egreso (minutos)	-	-	29	34	42	-
Coste de viaje/combustible (€)	26,80	15,04	12,84	43,81	69,62	-
Peaje (€)	2,90	1,60	-	-	-	-
Coste de acceso (€)	-	-	3,29	3,33	6,91	-
Coste de egreso (€)	-	-	3,80	5,23	8,20	-
Tiempo entre dos servicios (min)	-	-	60	75	658	-
PRINCIPALES VARIABLES SOCIOECONÓMICAS (Clasificación por modo elegido)						
Motivo del viaje: Trabajo o estudios	20 (34%)	8 (47%)	14 (25%)	52 (69%)	10 (56%)	104 (46%)
Motivo del viaje: Otro	39 (66%)	9 (53%)	43 (75%)	23 (31%)	8 (44%)	122 (54%)
Viajeros con tiempo acc+egr <60'	-	-	47 (82%)	55 (73%)	16 (89%)	118 (52%)
Viajeros con tiempo acc+egr >60'	-	-	10 (18%)	20 (27%)	2 (11%)	32 (14%)
Hombre	44 (75%)	7 (41%)	17 (30%)	51 (68%)	13 (72%)	132 (58%)
Mujer	15 (25%)	10 (59%)	40 (70%)	24 (32%)	5 (28%)	94 (42%)
Edad (promedio)	37	35	32	38	34	36
Renta semanal per cápita (promedio €)	263,98	298,71	207,66	318,36	314,53	274,46
Tasa de gasto (promedio) ¹	2,10	2,25	1,56	2,46	2,46	2,13

¹La tasa de gasto g se define como $g=I/T$, donde I es el ingreso semanal *per cápita*, T_i es el tiempo total por período y W es el número de horas de trabajo a la semana.

Corredor Madrid-Barcelona

El estudio de la demanda de viajes en el corredor Madrid-Barcelona se basa en la explotación de dos bases de datos obtenidas a partir una encuesta de Preferencias Reveladas, similar a la realizada en el caso de Madrid-Zaragoza, y de una encuesta de Preferencias Declaradas dirigida a los usuarios de avión, donde se les enfrenta a un experimento de elección entre el avión y el AVE. Con estas dos bases de datos, se aplica la metodología de estimación con Datos Mixtos formulada por Bradley y Daly (1997) siendo posible estimar la utilidad de alternativas que no se encuentran actualmente en el mercado, como es el caso de la línea del AVE hasta Barcelona.

Otro de los objetivos de este trabajo consiste en analizar el efecto de variables latentes sobre las decisiones de elección modal. Estas variables, a pesar de intuir que pueden ser tenidas en cuenta por los individuos, generalmente no se especifican en los modelos, debido a que su medición resulta bastante compleja. Los experimentos de Preferencias Declaradas resultan idóneos para analizar este tipo de cuestiones siempre que la definición de dichas variables se realice adecuadamente. Las razones expuestas justifican el empleo de datos de esta naturaleza. Además el hecho de explotarlos conjuntamente con los datos de Preferencias Reveladas, da una robustez mayor a los resultados de la modelización.

El tamaño de la muestra en cada modo de transporte se determinó siguiendo el mismo procedimiento empleado en caso del corredor Madrid-Zaragoza. En el cuadro 4 se muestra el reparto modal obtenido en la encuesta de Preferencias Reveladas⁷. En este caso, dado que se trata de viajes de largo recorrido, el modo dominante es el avión con una cuota de mercado del 67%⁸.

Cuadro 4
Reparto modal de la muestra. Corredor Madrid-Barcelona

Modo	Viajeros	%
Coche conductor	38	8,62
Coche acompañante	18	4,08
Autobús	39	8,84
Tren convencional	51	11,56
Avión	295	66,89

El cuadro 5 muestra una clasificación del modo de transporte utilizado habitualmente para realizar este viaje en función del modo elegido por el individuo. Destaca el hecho de que mayoritariamente (para el 85,76%), los individuos que eligen el avión utilizan este modo de forma habitual. En el caso de los que eligen el coche y el tren, hay un porcentaje significativo de individuos que eligen habitualmente otros modos.

⁷ La metodología durante la fase de trabajo de campo fue idéntica a la seguida en el caso del corredor Madrid-Zaragoza. De hecho, las encuestas en ambos corredores se realizaron de forma simultánea. La única diferencia sustancial fue que las encuestas a usuarios de avión se realizaron por ordenador con el objeto de mejorar la calidad del experimento de Preferencias Declaradas.

⁸ En el caso de las encuestas realizadas a los usuarios de coche, se obtuvo una tasa de no respuesta superior a la esperada. Esto dio lugar a un ligero sesgo a la baja en la cuota de mercado muestral de la alternativa coche y a un ligero sesgo al alza en la cuota de mercado del avión (en González-Savignat (2000), se encuentra una cuota de mercado para el avión del 60%).

Cuadro 5

**Clasificación del modo de transporte habitual por modo elegido.
Corredor Madrid-Barcelona**

CORREDOR MADRID- BARCELONA		MODO ELEGIDO HABITUALMENTE PARA REALIZAR EL MISMO VIAJE (Modo de procedencia) (%)				
		AVIÓN	COCHE	TREN	AUTOBÚS	PRIMER VIAJE
MODO ELEGIDO	<i>AVIÓN</i>	85,76	5,08	1,69	0,34	7,12
	<i>COCHE</i>	10,71	41,07	8,93	5,36	33,93
	<i>TREN</i>	13,73	13,73	47,06	0,00	25,49
	<i>AUTOBÚS</i>	0,00	10,26	0,00	51,28	38,46

En el cuadro 6 se presenta un análisis descriptivo de las variables de servicio de los distintos modos, así como de las principales características socioeconómicas de los individuos en la muestra. Al igual que en el otro corredor estudiado, el tiempo total de viaje se ha desagregado en sus principales componentes: tiempo de acceso, tiempo de espera, tiempo en el vehículo y tiempo de egreso (acceso al destino final).

En este caso, el tiempo total de viaje en avión es sustancialmente inferior al resto de los modos y al igual que en el caso de Madrid-Zaragoza, la proporción de tiempos de acceso y de espera es cercana al 70% del tiempo total del viaje. El coche es el segundo modo más rápido siendo la duración total del viaje 70 minutos menos que en tren.

Los viajes por motivo de trabajo o estudios tienen un peso más importante en este corredor, representando un 56% del total, y aproximadamente un 54% de los viajeros eran hombres. Las diferencias en la renta semanal *per cápita* entre los usuarios de los distintos modos de transporte son más significativas que en el caso de Madrid-Zaragoza oscilando entre 167 euros para el caso del autobús y 351 euros para los viajeros de avión. En este corredor la renta promedio para todos los modos es 54 euros mayor.

Como ya se ha indicado anteriormente, a los mismos usuarios de avión que respondieron a la encuesta de Preferencias Reveladas se les sometió a un experimento de elección de Preferencias Declaradas entre las alternativas avión y AVE⁹.

Bajo la hipótesis de que la fiabilidad y el confort son tenidas en cuenta, junto con el ahorro de tiempo al decidir el modo de transporte, se incluyeron dos variables latentes en el experimento: la puntualidad y la comodidad. Estas variables junto con el resto de atributos de nivel de

⁹ Con el fin hacer el ejercicio creíble y realista se construyó un diseño adaptado a la experiencia del individuo, definiendo los niveles de algunas variables en función de los valores reales que tomaban estas variables en la encuesta de Preferencias Reveladas. Para ello fue necesario crear un programa específico haciendo uso del Software WINMINT. Una de las ventajas del empleo de datos de Preferencias Declaradas es que, por cada individuo, es posible obtener varias observaciones. En este trabajo, cada persona proporcionó 9 observaciones; obteniéndose una muestra total de 2.689 observaciones.

servicio (tiempo, coste, frecuencia, etc.) ayudan a definir de forma más precisa la calidad global de la alternativa de transporte. Si el individuo tiene en cuenta el valor de estas variables a la hora de elegir el modo de transporte, y el analista no es capaz de especificarlas en el modelo, las estimaciones estarán sesgadas y la interpretación de los resultados del modelo pueden llegar a ser contra-intuitivas como se discute más adelante (véase el Anexo A1 para obtener más detalles acerca del experimento).

Cuadro 6
Análisis descriptivo de la muestra. Corredor Madrid-Barcelona

	Modo elegido					Total modos
	Coche conductor	Coche acompañante	Autobús	Tren convencional	Avión	
Elección	38	18	39	51	295	441
Disponibilidad de la alternativa	165	92	165	288	435	-
VARIABLES DE SERVICIO (Promedio sobre alternativa disponible)						
Tiempo de acceso (minutos)	-	-	27	29	36	-
Tiempo de espera (minutos)	-	-	40	28	58	-
Tiempo de viaje (minutos)	357	369	477	332	59	-
Tiempo de egreso (minutos)	-	-	33	39	37	-
Coste de viaje/combustible (€)	46,07	22,70	25,13	62,33	95,19	-
Peaje (€)	18,32	4,45	-	-	-	-
Coste de acceso (€)	-	-	2,66	5,47	7,31	-
Coste de egreso (€)	-	-	3,50	7,07	7,91	-
Tiempo entre dos servicios (minutos)	-	-	46	150	33	-
PRINCIPALES VARIABLES SOCIOECONÓMICAS (Clasificación por modo elegido)						
Motivo del viaje: Trabajo o estudios	16 (42%)	3 (17%)	10 (26%)	31 (61%)	187 (63%)	247 (56%)
Motivo del viaje: Otro	22 (58%)	15 (83%)	29 (74%)	20 (39%)	108 (37%)	194 (44%)
Viajeros con tiempo acc+egr <60'			28 (72%)	45 (88%)	240 (81%)	313 (71%)
Viajeros con tiempo acc+egr >60'			11 (28%)	6 (12%)	55 (19%)	72 (16%)
Hombre	26 (68%)	8 (44%)	15 (38%)	28 (55%)	160 (54%)	237 (54%)
Mujer	12 (32%)	10 (56%)	24 (62%)	23 (45%)	135 (46%)	204 (46%)
Edad (promedio)	41	31	28	39	36	36
Renta semanal per cápita (promedio)	355,93	166,89	188,25	341,57	350,68	328,88
Tasa de gasto (promedio)	2,86	1,23	1,41	2,68	2,81	2,62

¹ La tasa de gasto g se define como $g = I/T - W$, donde I es el ingreso semanal *per cápita*, T_i es el tiempo total por período y W es el número de horas de trabajo a la semana.

4. EL MODELO

Demanda de viajes en el corredor Madrid-Zaragoza

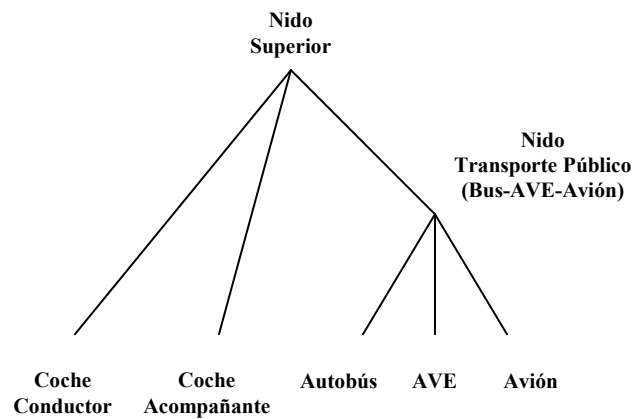
Para analizar la demanda de viajes en el corredor Madrid-Zaragoza se plantea un modelo desagregado de elección modal, que se basa en la información de Preferencias Reveladas obtenida en las encuestas. Por tanto, se obtienen estimaciones de las funciones de utilidad indirecta de los distintos modos de transporte en el corredor. Estas funciones se especifican en términos de aquellos factores que mejor expresen las preferencias de los individuos. En general, estos factores se representan por las variables del nivel de servicio de las distintas alternativas y las características socioeconómicas del individuo.

Se ha empleado una especificación lineal en los parámetros pero no lineal en las variables para la utilidad, que trate de captar el efecto de la renta en las decisiones de los individuos. Para ello se utiliza una especificación que incluye la tasa de gasto (g) (que se define como renta por unidad de tiempo disponible) dividiendo al coste de viaje (véase Jara-Díaz y Farah, 1987). Dado que la proporción de gasto en transporte, sobre la renta del individuo para este tipo de viajes, no es despreciable (está comprendida entre un 5% y un 27% dependiendo del modo utilizado) se ha incluido en la especificación un término cuadrático para el coste de viaje (Jara-Díaz, 1998). (Véase Anexo A2 para analizar en mayor detalle las variables empleadas en el modelo).

Con el objeto de analizar la variación sistemática en los gustos se han especificado las variables socioeconómicas interactuando con los atributos modales (véase Rizzi y Ortúzar, 2003). Se define la variable ficticia T según se indica en el cuadro A2.1 para analizar si el tiempo de viaje era percibido de forma diferente por aquellos individuos que viajaban por motivo de trabajo o estudios. También se ha estudiado el efecto que tiene el tiempo de acceso+egreso analizando el comportamiento de los individuos que tardan menos (o más) de 60 minutos en ir desde su lugar de origen a la estación/aeropuerto y desde la estación/aeropuerto en destino hasta el destino final del viaje. Para ello se ha definido la variable ficticia $t_{a<60}$ según se indica en el cuadro A2.1.

Durante el proceso de modelización se estimaron diversos modelos del tipo Logit Jerárquico y se realizaron diversos test de hipótesis con el objeto de analizar distintos patrones de sustitución (o correlación) entre los modos de transporte. De todos los casos analizados, se encontró que los modelos que especificaban correlación entre el autobús, el AVE y el avión eran estadísticamente superiores. La estructura de árbol de estos modelos se muestra en el gráfico 1.

Gráfico 1
Estructura del modelo. Corredor Madrid-Zaragoza



El cuadro 7 muestra el resultado de las estimaciones. Todos los parámetros resultaron con el signo correcto y significativos al 95% de confianza, a excepción de la constante del coche como conductor, el tiempo de espera y el parámetro de la interacción del tiempo de acceso con $t_{a < 60}$. Dado que en todos los casos se trataba de variables relevantes y con un signo adecuado, se optó por dejarlas en el modelo para su aplicación posterior. Sin embargo, el tiempo de espera, no se incluyó en la especificación de la utilidad del autobús dado que este atributo presentaba problemas de signo debido a su bajo nivel de significatividad.

Cuadro 7
Resultados de la estimación. Corredor Madrid-Zaragoza

Parámetros		Estimación (estadístico t)
<i>Constante coche conductor</i>	C_{cc}	-3.1890 (-1.7)
<i>Constante coche acompañante</i>	C_{ca}	-6.7130 (-1.9)
<i>Tiempo de viaje (tv)</i>	θ_{tv}	-0.0097 (-2.7)
<i>Coste de viaje/g (cv/g)</i>	$\theta_{cv/g}$	-0.1130 (-4.7)
<i>Tiempo entre dos servicios (f)</i>	θ_f	-0.0019 (-2.3)
<i>Coste de viaje²/gI (cv²/gI)</i>	$\theta_{cv^2/gI}$	0.0764 (4.4)
<i>Tiempo de acceso (ta)</i>	θ_{ta}	-0.0217 (-3.3)
<i>Tiempo de espera (te)</i>	θ_{te}	-0.0059 (-0.5)
<i>Tiempo de viaje_Trabajo (tv*T)</i>	θ_{tv_T}	-0.0137 (-4.1)
<i>Tiempo de acceso_T acc+egr<60 (ta*ta<60)</i>	$\theta_{ta_ta<60}$	0.0030 (0.4)
<i>Parámetro del nido</i>	μ	0.1965 (1.8) [-7.4]*
$l^*(0)$		-273.4453
$l^*(\theta)$		-225.1972
<i>nº observaciones</i>		210

*Valor del estadístico t con respecto a $\mu=1$

De acuerdo a la magnitud de los parámetros, se observa que el tiempo de viaje produce mayor desutilidad a los individuos que viajan por motivo obligado (trabajo o estudios) que a los que viajan por otros motivos. Por otra parte, el tiempo de acceso+egreso produce mayor desutilidad a aquellos individuos que emplean más de 60 minutos en acceder a la estación / aeropuerto y en ir desde la estación / aeropuerto al destino final del viaje.

Demanda de viajes en el corredor Madrid-Barcelona

La demanda de viajes en el corredor Madrid-Barcelona se ha analizado utilizando la metodología de estimación con Datos Mixtos. Ésta permite combinar información de Preferencias Reveladas con información de Preferencias Declaradas y explotar de forma conjunta las ventajas y reducir los inconvenientes que ambas fuentes de datos poseen cuando se trabaja con ellos de forma separada.

El uso conjunto de los datos de Preferencias Reveladas y Preferencias Declaradas para estimar modelos de elección modal se basa en la hipótesis de que la diferencia en el error estocástico de las utilidades se puede representar en función de sus varianzas de acuerdo a la expresión (Ben-Akiva y Morikawa, 1990):

$$\sigma_{\varepsilon}^2 = \mu^2 \sigma_{\eta}^2 \quad (4)$$

donde μ es un parámetro desconocido y ε y η son los términos de error de las utilidades de Preferencias Reveladas y Preferencias Declaradas respectivamente. Para poder mezclar ambas bases de datos se plantean las siguientes funciones de utilidad para una alternativa j que esté presente en ambas bases de datos:

$$\begin{aligned} U_j^{PR} &= V_j^{PR} + \varepsilon_j = \theta X_j^{PR} + \alpha Y_j^{PR} + \varepsilon_j \\ \mu U_j^{PD} &= \mu(V_j^{PD} + \eta_j) = \mu(\theta X_j^{PD} + \omega Z_j^{PD} + \eta_j) \end{aligned} \quad (5)$$

donde θ , α y ω son parámetros a estimar; X_j^{PR} y X_j^{PD} son atributos comunes a ambas bases de datos; y Y_j^{PR} y Z_j^{PD} son atributos que sólo pertenecen a una de las bases de datos.

Una vez estimado el modelo se construye, para las alternativas definidas en Preferencias Reveladas y Declaradas una función de utilidad híbrida que incluye a los atributos comunes y no comunes debidamente escalados por el factor μ . (Louviere *et al*, 2000).

En este caso, se definieron las funciones de utilidad de Preferencias Reveladas para el coche como conductor, el coche como acompañante, el autobús, el tren y el avión. Además, se definieron dos funciones de utilidad adicionales para las alternativas de Preferencias Declaradas: el avión y el AVE.

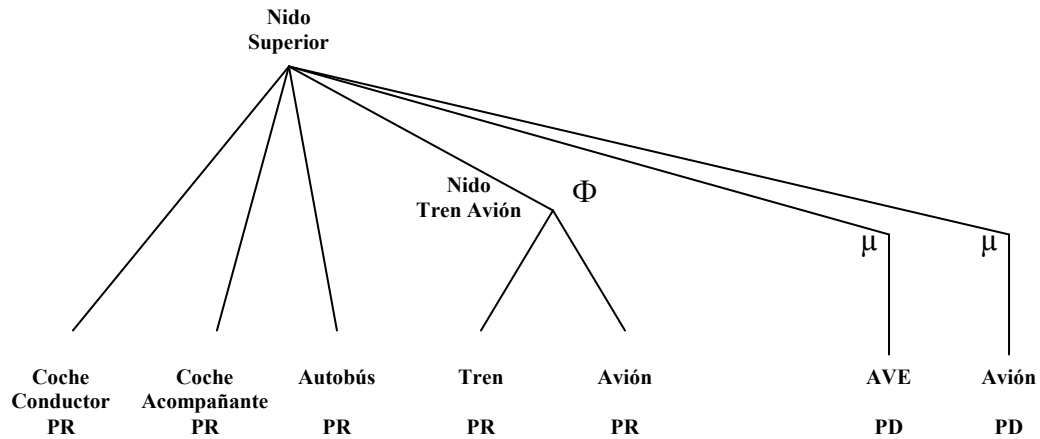
En el caso de las utilidades de Preferencias Reveladas, se emplea una especificación similar a la del corredor Madrid-Zaragoza. En este caso, las proporciones de gasto en transporte sobre la renta semanal eran mayores (oscilando entre un 16% para el caso del autobús y un 31% para el caso del avión) por lo que la inclusión de términos cuadráticos para el coste de viaje está más justificada.

En las utilidades de las Alternativas de Preferencias Declaradas, se especifican los atributos incluidos en el experimento. En el caso de la comodidad, ésta se especifica en la utilidad del avión interactuando con el tiempo de viaje, lo que permite obtener las disposiciones a pagar por ahorrar tiempo de viaje en función de la comodidad y las disposiciones a pagar por aumentos en comodidad en función de la duración del viaje.

Se han analizado diversos patrones de sustituibilidad entre las alternativas de Preferencias Reveladas estimando modelos Logit Jerárquico. A diferencia del corredor Madrid-Zaragoza los modelos que incorporaban correlación entre el tren y el avión ofrecieron mejores resultados. Para combinar las dos bases de datos se utilizó el método de estimación simultánea propuesto por Bradley y Daly (1997), donde las alternativas de Preferencias Declaradas se colocan cada una en un nido de alternativa única con igual parámetro de escala para todas ellas. El gráfico 2 representa la estructura del modelo.

Gráfico 2

Estructura del modelo. Corredor Madrid-Barcelona



Los resultados de la estimación se muestran en el cuadro 8. Todos los parámetros presentan el signo correcto y son significativos al 95% de confianza, a excepción del tiempo entre dos servicios (frecuencia), el tiempo de espera, el parámetro de las interacciones del tiempo de viaje con el motivo de trabajo T y con la comodidad alta CA en el avión. Al igual que en el otro corredor estudiado, al tratarse de variables relevantes se ha optado por incluirlas en el modelo para su aplicación posterior.

Cuadro 8
Resultados de la estimación. Corredor Madrid-Barcelona

Parámetros		Estimación (estadístico t)
<i>Constante coche conductor</i>	C_{cc}	-3.8060 (-3.1)
<i>Constante coche acompañante</i>	C_{ca}	-4.7120 (-3.4)
<i>Constante bus</i>	C_b	-2.5810 (-2.5)
<i>Constante tren</i>	C_t	-1.0000 (-2.5)
<i>Tiempo de viaje (tv)</i>	θ_{tv}	-0.0047 (-2.8)
<i>Coste de viaje/g (Cv/g)</i>	$\theta_{cv/g}$	-0.0572 (-4.7)
<i>Tiempo entre dos servicios (f)</i>	θ_f	-0.0011 (-0.5)
<i>Coste de viaje²/gI (cv²/gI)</i>	$\theta_{cv^2/gI}$	0.0174 (3.9)
<i>Tiempo de acceso (ta)</i>	θ_{ta}	-0.0199 (-4.9)
<i>Tiempo de espera (te)</i>	θ_{te}	-0.0028 (-0.4)
<i>Tiempo de viaje_Trabajo (tv*T)</i>	θ_{tv_T}	-0.0009 (-1.0)
<i>Tiempo de acceso_T acc+egr<60 (ta*ta<60)</i>	$\theta_{ta_ta<60}$	0.0096 (2.5)
<i>Puntualidad (retraso) (r)</i>	θ_r	-0.0180 (-2.6)
<i>Tiempo * Comodidad alta (tv*CA)</i>	θ_{tv_CA}	0.0026 (1.8)
<i>Parámetro del nido tren-avión</i>	Φ	0.3651 (3.2) [-5.62]*
<i>Factor de escala PD</i>	μ	0.9026 (3.2) [-0.34]*
$l^*(0)$		-2124.7995
$l^*(\theta)$		-1997.3985
<i>n° observaciones</i>		2917

*Valor del estadístico t con respecto a $\Phi=1$ y $\mu=1$

Estos resultados son consistentes con los obtenidos para el otro corredor. En este caso, se observa que el tiempo de viaje produce mayor desutilidad a los individuos que viajan por motivo obligado (trabajo o estudios) que a los que viajan por otros motivos. Además la inclusión de la especificación de la interacción del tiempo con la comodidad, permite concluir que el tiempo de viaje produce más desutilidad cuando la comodidad es baja que cuando es alta. También se observa que el tiempo de acceso+egreso produce mayor desutilidad a aquellos individuos que emplean más de 60 minutos en acceder a la estación/aeropuerto y en ir desde la estación / aeropuerto al destino final del viaje.

5. APLICACIONES

5.1 Obtención de las medidas de disposición a pagar

Las medidas de disposición a pagar expresan, en unidades monetarias, las variaciones que se producen en la utilidad como consecuencia de cambios en los atributos. En economía del transporte, es usual referirse a esas medidas como el valor subjetivo del atributo correspondiente, como por ejemplo, el valor subjetivo del tiempo de viaje. Éstas se definen como el cociente entre la utilidad marginal del atributo correspondiente y la utilidad marginal del coste de viaje, siendo este último igual a menos la utilidad marginal de la renta.

Cuando se emplean especificaciones lineales para la función de utilidad, las medidas de disposición a pagar tienen expresiones sencillas que vienen representadas por el cociente entre dos parámetros. Sin embargo, especificaciones más complejas, que incluyen términos cuadráticos y/o interacciones entre variables dan lugar a expresiones de las medidas de disposición a pagar que, en general, toman un valor diferente para cada individuo y para cada modo de transporte. En el anexo A2 se presentan las expresiones de las disposiciones a pagar para los distintos atributos..

Con el fin de ofrecer un valor representativo de las distintas medidas de disposición a pagar, se ha calculado el promedio sobre todos los individuos de la muestra para cada uno de los modos de transporte del corredor siguiendo al método de la enumeración muestral (Ortúzar y Willumsen, 2001). El cuadro 9 muestra las disposiciones a pagar obtenidas en el corredor Madrid-Zaragoza.

Cuadro 9
Medidas de disposición a pagar. Corredor Madrid-Zaragoza

Valor subjetivo del tiempo	Coche Conductor	Coche Acompañante	Autobús	AVE	Avión
de viaje (€/hora)	25,28	20,54	19,10	25,68	34,22
- Motivo trabajo	36,13	33,24	29,81	38,89	51,18
- Otro motivo	13,31	11,19	10,53	14,19	20,66
de acceso+egreso (€/hora)	-	-	22,76	30,50	41,14
- Acceso+egreso <60'	-	-	22,53	29,05	37,84
- Acceso+egreso >60'	-	-	23,32	33,48	46,06
de espera (€/hora)	-	-	-	9,14	20,24
entre dos servicios (€/hora)	-	-	2,17	2,88	6,39

En general, la disposición a pagar por ahorrar tiempo de viaje es mayor cuando el viaje se realiza por un motivo obligado (trabajo o estudios) y toma el valor mayor para los usuarios del avión, seguido del AVE, coche y autobús. El valor del tiempo de acceso es menor para aquellos individuos en los que dicho tiempo es inferior a 60 minutos. Estos son los individuos cuyo origen y destino del viaje está en la capital de la provincia o en las áreas urbanas cercanas. En este corredor, se satisface la relación: $VSTA > VSTV > VSTE$ ¹⁰ en todos los modos de transporte público.

En el caso del corredor Madrid-Barcelona, las medidas de disposición a pagar se obtienen a partir de la construcción de una función de utilidad híbrida que incluye los atributos comunes a ambas bases de datos (Preferencias Reveladas y Preferencias Declaradas), más los atributos específicos incluidos de cada base de datos (Louviere *et al.*, 2000). Estos atributos deben ir multiplicados por sus correspondientes parámetros. Cuando se trate de atributos que sólo estén definidos en Preferencias Declaradas (la comodidad y el retraso en este trabajo) los parámetros correspondientes han de ser escalados por el factor de escala μ (Cherchi y Ortúzar, 2004).

Igual que en el corredor Madrid-Zaragoza, se han calculado promedios sobre el conjunto total de individuos. El cuadro 10 muestra los resultados obtenidos. En general, la disposición a pagar por ahorrar tiempo de viaje es mayor cuando el motivo es obligado (trabajo o estudios). Además, en el caso del avión ésta es mayor cuanto menor es la comodidad. Este resultado es consistente con el hecho de que, para un individuo dado, el tiempo de viaje produce más desutilidad cuando el nivel de comodidad es inferior. Considerando el estándar actual de comodidad en el avión (baja), el valor subjetivo del tiempo de viaje es similar al del AVE, seguido del coche como conductor, del autobús, del tren convencional y del coche como acompañante.

Al igual que en el otro corredor, en todos los casos analizados se cumple que $VSTA > VSTV > VSTE$. Este hecho se debe a que al tratarse de viajes de largo recorrido, la percepción del tiempo de espera es menos negativa ya que los viajeros se pueden ajustar al horario establecido y, en consecuencia, la disposición a pagar por reducir el tiempo de espera es menor. No obstante, conviene puntualizar que el parámetro correspondiente a esta variable en ambos modelos presentó un nivel de significatividad muy bajo, por lo que estas cifras deben interpretarse con cautela.

Un hecho destacable es la elevada disposición a pagar obtenida por reducir el tiempo de retraso, siendo mayor en el caso del AVE que en el del avión. Esto se debe a que, en este tipo de viajes, donde los horarios de salida son perfectamente conocidos por los viajeros, el tiempo de retraso sobre el horario previsto es el que mayor desutilidad produce. De hecho, empieza a ser común que las compañías (especialmente las aerolíneas) ofrezcan garantía de puntualidad a sus clientes entre otras estrategias competitivas.

Lo anterior subraya la importancia del diseño de mecanismos que permitan obtener la disposición a pagar por la puntualidad. La no inclusión del tiempo de retraso en la especificación del modelo, de forma aislada del resto de los componentes del tiempo

¹⁰ VSTA: valor subjetivo del tiempo de acceso; VSTV: valor subjetivo del tiempo de viaje; VSTE: valor subjetivo del tiempo de espera.

total de viaje, produciría sin duda resultados sesgados ya que, los individuos tenderían a confundir el efecto negativo del retraso con las otras componentes del tiempo de viaje.¹¹

Cuadro 10
Medidas de disposición a pagar. Corredor Madrid-Barcelona

Valor subjetivo	Coche conductor	Coche acompa- ñante	Bus	Tren conven- cional	Avión		AVE
					Comodidad alta	Comodidad baja	
Tiempo de viaje (€/hora)	17,59	12,37	12,39	14,97	10,55	19,29	19,33
- Motivo trabajo	18,91	15,48	15,03	17,77	12,96	22,50	22,41
- Otro motivo	15,24	10,46	10,72	12,18	7,52	15,27	14,00
Tiempo de acceso+egreso (€/hora)	-	-	30,34	37,14	46,44		46,45
- Acceso+egreso <60'	-	-	25,96	30,69	40,13		39,50
- Acceso+egreso >60'	-	-	42,78	51,79	61,31		61,60
Tiempo de espera (€/hora)	-	-	6,75	7,98	10,17		-
Tiempo entre dos servicios (€/hora)	-	-	2,64	3,12	3,98		3,92
Tiempo de retraso (€/hora)	-	-	-	-	59,34		64,83
Por pasar de comodidad baja a alta (€)	-	-	-	-	8,54		-

También se obtuvo para los viajeros de avión la disposición a pagar por aumentar la comodidad. De acuerdo a los niveles considerados en el diseño de Preferencias Declaradas, se han definido escenarios donde la comodidad actual del avión adquiere un estándar similar a la del AVE, considerando que los asientos de los viajeros son más espaciosos. Al especificar la comodidad interactuando con el tiempo de viaje, la disposición a pagar por incrementar la comodidad depende de la duración del viaje. El valor obtenido es de 8,54 euros para el tipo de viaje analizado, con una duración aproximada (en el vehículo) de una hora.

El signo positivo del parámetro $\theta_{CA_{t_v}}$ indica además que la disposición a pagar por mejorar la comodidad aumenta con la duración del viaje en una proporción igual al valor del parámetro, siempre que se consideren variaciones marginales del tiempo de viaje. Del mismo modo, las reducciones en el tiempo de viaje disminuyen la disposición a pagar por aumentar la comodidad atenuando, por tanto, el efecto de dicha variable.

También cabe destacar que a pesar de que la disposición a pagar por variaciones en la comodidad no es muy alta en comparación con el resto de valores obtenidos para otros

¹¹ Es posible que las elevadas disposiciones a pagar por ahorrar tiempo de viaje que aparecen para este mismo corredor en González-Savignat (2004a), puedan estar influidas por la omisión de este factor.

atributos, su incidencia sobre la percepción del tiempo de viaje y, por consiguiente, sobre la disposición a pagar por ahorrar éste sí es relevante.

Las disposiciones a pagar por ahorrar tiempo cuando el viaje es por motivo de trabajo fueron significativamente mayores en el corredor Madrid-Zaragoza. Esto es debido a que, en dicho corredor, los individuos que viajaban por motivo de trabajo presentaron una renta media semanal superior (en cerca de 75 euros) a la de los viajeros del otro corredor. Por lo tanto, para estos individuos la utilidad marginal de la renta será menor y en consecuencia, la disposición a pagar será mayor.

5.2 Respuesta de la demanda

La repuesta de la demanda ante la aplicación de una política determinada se representa por el porcentaje de variación experimentado por la cuota de mercado agregada de la alternativa j con respecto a la situación inicial:

$$\Delta P_j = \frac{P_j^1 - P_j^0}{P_j^0} \cdot 100$$

Donde P_j^1 es la cuota de mercado de la alternativa j una vez aplicada la política, y P_j^0 es la cuota de mercado inicial (situación base) de la alternativa j . Las cuotas de mercado agregadas se obtienen aplicando el método de enumeración muestral. En este caso, el interés se centra en analizar la competencia potencial que puede ejercer el AVE sobre el resto de los modos existentes (especialmente el coche y el avión). La tabla 11 muestra los distintos escenarios de política analizados en ambos corredores. Todas las políticas hacen referencia a un escenario base que está representado por la situación actual en el momento de realizar el estudio; es decir, considerando el tren de alta velocidad en el corredor Madrid-Zaragoza y el tren convencional en el corredor Madrid-Barcelona.

En el corredor Madrid-Zaragoza, estas políticas consideran incrementos en el coste de viaje del vehículo privado (escenarios 1, 2 y 3), y la combinación de una subida del 100% en el coste del coche con una reducción del 25% en el tiempo de viaje del AVE (escenario 4) y un 10% de reducción en las tarifas del AVE (escenario 5). El gráfico 3 muestra el porcentaje de variación (con respecto a la situación base) en las cuotas de mercado que predice el modelo tras la aplicación de las distintas políticas descritas en los escenarios anteriormente señalados. Se observa que las políticas que consisten sólo en la penalización del vehículo privado (incrementado el coste de viaje) no producen incrementos sustanciales (por debajo del 5% en todos los casos) en la cuota de mercado de las alternativas de transporte público. Sin embargo, una reducción del 25% en el tiempo de viaje del AVE en combinación con un incremento del 100% en los costes del coche produciría las mayores ganancias en la cuota de mercado del AVE (cerca del 20%).

En este caso, es importante resaltar que la ganancia se debe al desvío de viajeros de todos los modos de transporte. Por esta razón, es importante que los niveles de señalización y seguridad permitan al AVE circular a su velocidad máxima.

Cuadro 11
Escenarios de política

ATRIBUTO	ESCENARIOS						
	BASE	1	2	3	4	5	6
Madrid-Zaragoza							
Coste del coche	Actual	+10%	+50%	+100%	+100%	+100%	-
Coste del AVE	Actual	Actual	Actual	Actual	Actual	-10%	-
Retraso (AVE)	0 min	0 min	0 min	0 min	0 min	0 min	-
Tiempo de acceso (Avión)	Actual	Actual	Actual	Actual	Actual	Actual	-
Tiempo de espera (Avión)	Actual	Actual	Actual	Actual	Actual	Actual	-
Tiempo de viaje (AVE)	Actual (AVE)	Actual (AVE)	Actual (AVE)	Actual (AVE)	-25%	Actual (AVE)	-
Madrid-Barcelona							
Comodidad (Avión)	Actual (nivel 0)	Actual (nivel 0)	Más espacio (nivel 1)	Actual (nivel 0)	Actual (nivel 0)	Actual (nivel 0)	Actual (nivel 0)
Retraso (Avión)	0 min	0 min	0 min	30 min	0 min	0 min	0 min
Retraso (AVE)	0 min	0 min	0 min	0 min	10 min	0 min	0 min
Tiempo de acceso (Avión)	Actual	Actual	Actual	Actual	Actual	+10%	Actual
Tiempo de espera (Avión)	Actual	Actual	Actual	Actual	Actual	Actual	+50%
Tiempo de viaje (Tren/AVE)	Actual (Tren convencional)	-50% (AVE)	-50% (AVE)	-50% (AVE)	-50% (AVE)	-50% (AVE)	-50% (HST)

Todos los escenarios analizados en el corredor Madrid-Barcelona consideran una reducción del tiempo de viaje para el AVE del 50%. Dado que el avión será el principal competidor de esta nueva alternativa, las distintas políticas analizadas se centran en estos dos modos. Así en el escenario 1 se consideran solamente las reducciones en tiempo de viaje del AVE. En los escenarios del 2 al 5 se consideran, *ceteris paribus*, mejoras en la comodidad del avión, incrementos en el retraso del avión y del AVE e incrementos en los tiempos de acceso y espera para el avión respectivamente.

La respuesta de la demanda en los distintos escenarios considerados se muestra en el gráfico 4. En todos los casos analizados, la reducción de la cuota de mercado del avión por la introducción del AVE no supera el 15%, quedando el avión como modo dominante con cuotas de mercado cercanas al 65%. La demanda del AVE es más sensible a los escenarios en los que se ha considerado una penalización en los atributos relacionados con el tiempo de viaje en el avión (retraso, tiempo de acceso y tiempo de espera en los escenarios 3, 5, y 6). De esta forma, las aerolíneas y los aeropuertos deben operar eficientemente si quieren mantener al transporte aéreo como una alternativa atractiva en los corredores de media distancia. Aunque la comodidad es un indicador importante de la calidad de servicio para los pasajeros, éste está muy relacionado con la duración del viaje. En este tipo de corredores, las mejoras en el nivel de confort, como ofrecer más espacio entre los asientos, no producen variaciones significativas en las cuotas de mercado.

Gráfico 3

Respuesta de la demanda. Corredor Madrid-Zaragoza

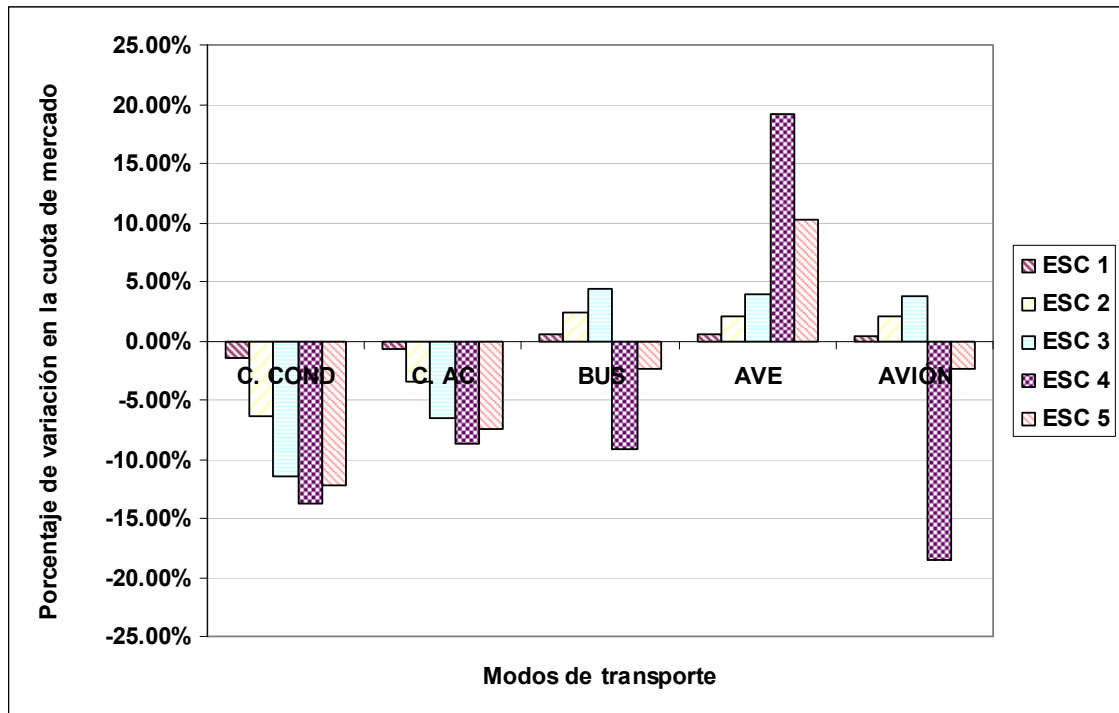
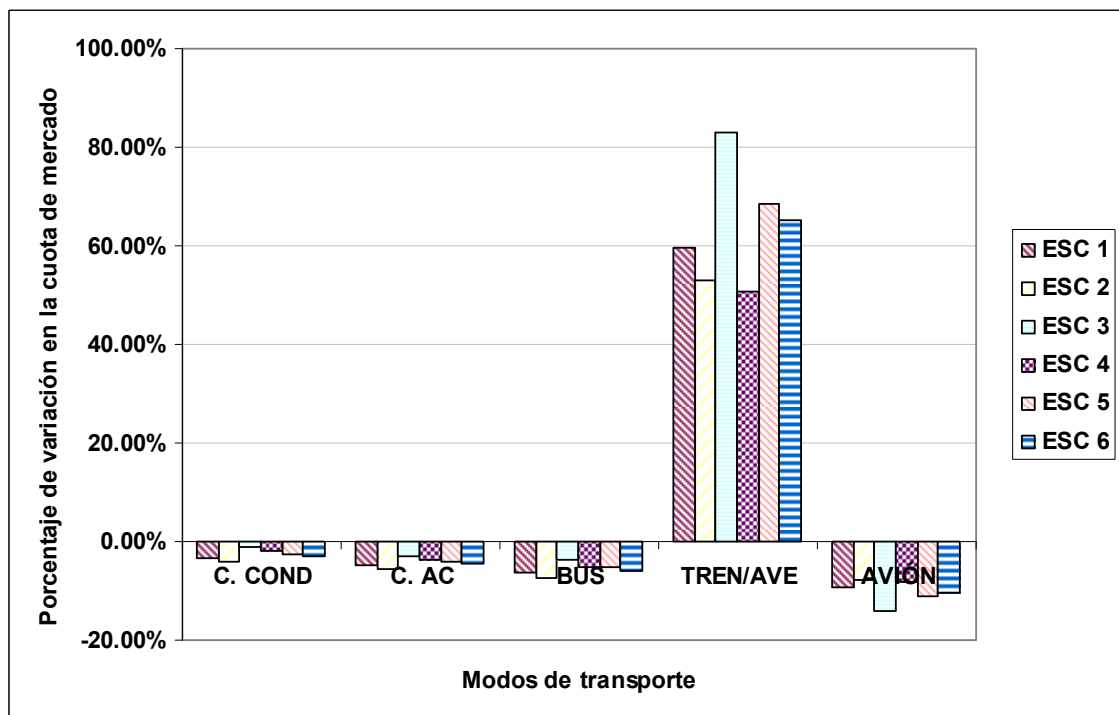


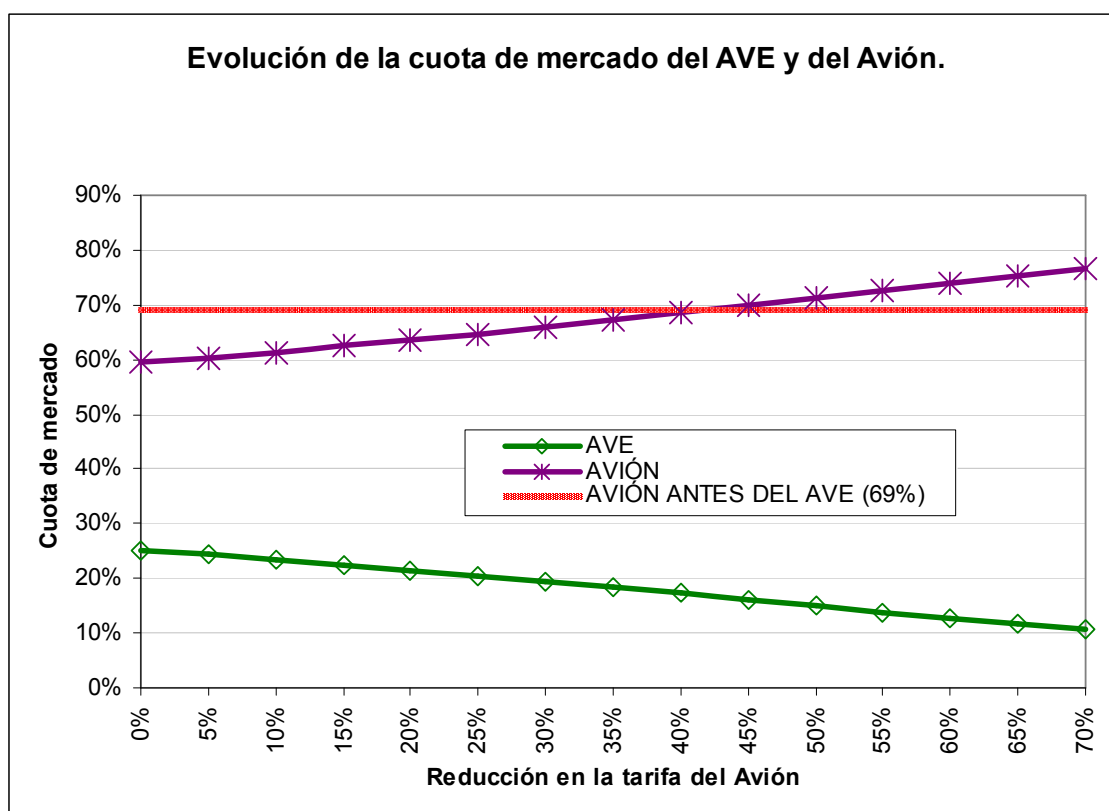
Gráfico 4

Respuesta de la demanda. Corredor Madrid-Barcelona



La entrada en el mercado del AVE produce una mejora sustancial al tren convencional y el modelo predice para este nuevo modo una cuota de mercado, sin tener en cuenta los viajes generados, cercana al 25%¹² en el corredor Madrid-Barcelona. Considerando un volumen de tráfico generado por el AVE del 31%, este modo alcanzaría una cuota de mercado del 33% (más del doble de la cuota actual del tren convencional, pero cifras en ambos casos bastante alejadas de las expectativas de RENFE que lo sitúan en un 60%¹³) y que representaría un volumen total de demanda de 2,17 millones de viajeros al año. El gráfico 5 muestra como evolucionaría la cuota de mercado del AVE y del Avión¹⁴, si las aerolíneas reaccionasen ante la entrada del nuevo modo reduciendo las tarifas. En el gráfico puede apreciarse que sería necesaria una reducción del 40% en las tarifas del avión para recuperar la cuota de mercado anterior a la entrada del AVE (cercana al 70%). Si una situación así tuviese lugar, el AVE, necesitaría reaccionar con bajadas superiores al 50% para recuperar sus cuotas de mercado iniciales (véase gráfico 6).

Gráfico 5
Efecto producido por una bajada de tarifas en el avión tras la entrada del AVE en el mercado.
Corredor Madrid-Barcelona

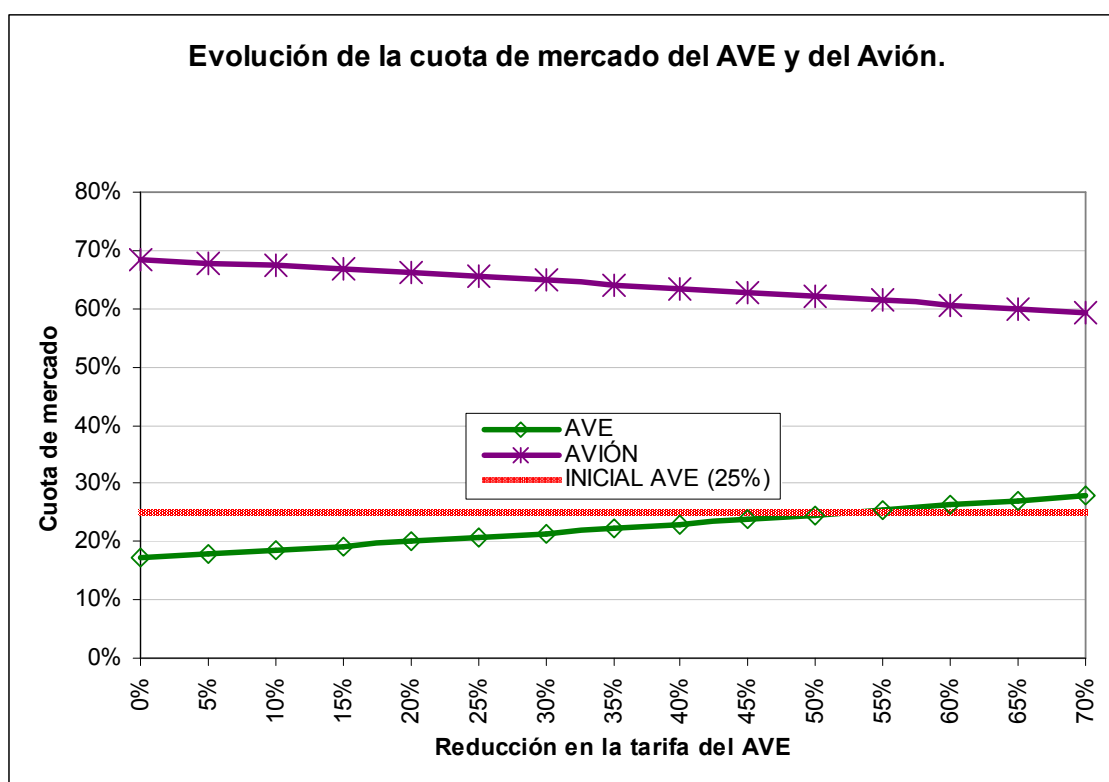


¹² Se estima que aparte de la reducción del tiempo de viaje a la mitad, la frecuencia se duplicará y se ofrecerán tarifas reducidas por la compra de billetes a través de Internet. En este trabajo se ha supuesto que los viajeros que actualmente pagan la tarifa de clase turista tendrán un descuento del 30%.

¹³ Según información publicada en prensa (diario el País).

¹⁴ Se han omitido el resto de los modos que tendrían una cuota de mercado marginal

Gráfico 6
Efecto de la reacción del AVE ante la bajada de tarifas en el avión. Corredor Madrid-Barcelona.



5.3 Elasticidades

En esta sección se calculan las elasticidades agregadas de la demanda del AVE aplicando el método de enumeración muestral a las elasticidades obtenidas para cada individuo en la muestra (Ortúzar y Willumsen, 2001). El cuadro 12 muestra las elasticidades directas y cruzadas de la probabilidad de elegir el AVE. En el corredor Madrid-Zaragoza las elasticidades cruzadas se obtienen respecto a los atributos del coche (coste y tiempo de viaje) mientras que en el corredor Madrid-Barcelona, estas se refieren a los atributos del avión. En todos los casos analizados se obtienen valores inferiores a 1, es decir, la demanda del AVE es inelástica. Esto significa que una subida de un 1%, por ejemplo, en el coste de viaje reduciría la demanda del AVE en una proporción inferior. En general, la demanda es más elástica en el corredor Madrid-Barcelona, excepto con respecto al tiempo de viaje. Las elasticidades cruzadas con respecto al coche (en Madrid-Zaragoza) presentan valores muy bajos, siendo estos resultados consistentes con el análisis de política presentado en la sección anterior.

Cuadro 12
Elasticidades del AVE

Elasticidades directas de la probabilidad de elegir el AVE		
Atributos	Madrid-Zaragoza	Madrid-Barcelona
Coste de viaje	-0,55	-0,72
Tiempo de viaje	-0,59	-0,38
Tiempo de acceso+egreso	-0,36	-0,44
Tiempo entre dos servicios	-0,05	-0,07
Elasticidades cruzadas de la probabilidad de elegir el AVE		
Atributos	Madrid-Zaragoza (con respecto a los atributos del coche)	Madrid-Barcelona (con respecto a los atributos del avión)
Coste de viaje	0,12	0,7
Tiempo de viaje	0,04	0,11
Tiempo de acceso+egreso		0,51
Tiempo entre dos servicios		0,01

6. CONCLUSIONES

La mayoría de los proyectos de infraestructura de transporte, tal como el analizado en este trabajo, requieren de una evaluación *ex ante* antes de comprometer recursos públicos importantes. Sin embargo, en la práctica, es frecuente observar que este tipo de análisis están sesgados debido a que las ventajas competitivas del tren de alta velocidad son exageradas o demasiado optimistas. La política de los diferentes Gobiernos y de la Unión Europea apostando por la inversión en alta velocidad ferroviaria ha generado un importante debate entre los economistas acerca de la rentabilidad social de este tipo de inversiones, que dependen en gran medida del volumen de demanda y de la disposición a pagar de los viajeros por las mejoras en calidad de servicio que ofrezca la nueva alternativa.

En este trabajo, se ha analizado la competencia que ejercerá el AVE con los principales modos alternativos en el corredor Madrid-Zaragoza-Barcelona. El análisis se basó en la estimación de modelos de demanda desagregados que utilizaron una base de datos mixtos: preferencias reveladas y declaradas. Los datos de preferencias reveladas proporcionan información acerca del comportamiento real de los individuos en una situación de mercado real, mientras que las preferencias declaradas nos aportan información acerca de nuevas alternativas (el AVE en este caso) y de variables latentes cuya medición no es sencilla en un contexto de preferencias reveladas.

Las funciones de utilidad para las distintas alternativas se especificaron en función de los principales atributos de nivel de servicio con el fin de explicar los cambios en la distribución modal debidos a los cambios producidos en el tiempo de viaje, coste de viaje, tiempos de acceso, frecuencia, retrasos y comodidad tanto en el AVE como en el resto de los modos existentes en el corredor. Los modelos estimados evidencian la existencia de correlación entre el autobús, el AVE y el avión (en el corredor Madrid-Zaragoza) y entre el tren y el avión en las alternativas de preferencias reveladas en el corredor Madrid-Barcelona. Esta correlación se espera que sea mayor una vez que el

AVE comience a operar en dicha ruta, debido a que esta alternativa representa un sustituto más cercano del avión que el tren convencional.

Se obtuvieron diferentes medidas de disposición a pagar por mejorar la calidad de servicio. En general la disposición a pagar por ahorrar tiempo de viaje es mayor en los viajes que se realizan por un motivo obligatorio (trabajo o estudios) y la especificación de la variable latente comodidad permitió confirmar la hipótesis de que el valor del tiempo es mayor a medida que la comodidad disminuye. En el corredor Madrid-Barcelona, se obtuvo una elevada disposición a pagar por reducir el tiempo de retraso, siendo mayor en el caso del AVE (64,83 €/hora) que en el avión (59,34 €/hora). Esto subraya la importancia de cuantificar las disposiciones a pagar por disponer de modos de transporte más fiables, más aun cuando las estrategias competitivas de las empresas consideran el ofrecer compensaciones a los viajeros cuando se producen retrasos respecto al horario establecido. Finalmente, se obtuvo que la disposición a pagar por mejorar el nivel de comodidad (más espacio entre los asientos) fue de 8,45€ para viajes de una hora de duración aproximadamente. Aunque esta cifra no representa una cantidad muy elevada, la incidencia de la comodidad en la percepción del tiempo de viaje no puede considerarse despreciable.

También se analizó la respuesta de la demanda ante diferentes escenarios de política que consideraron variaciones en las variables de servicio. En el caso de Madrid-Zaragoza, se obtuvo una baja respuesta a políticas que sólo penalizaban el uso del vehículo privado. Sin embargo se obtuvieron ganancias sustanciales para la cuota de mercado de AVE cuando dichas políticas se combinan con la reducción del tiempo de viaje en dicha alternativa (de acuerdo a los valores esperados de cara al futuro cuando el AVE opere a velocidad óptima). En el corredor Madrid-Barcelona la demanda del AVE es más sensible a políticas que penalicen los atributos relacionados con el tiempo en el avión. Estas situaciones consideran retrasos sobre el horario establecido e incrementos en los tiempos de espera (que fueron habituales recién inaugurada la nueva Terminal 4 en el Aeropuerto de Madrid) y en ningún caso el avión perdería más de un 20% de la cuota de mercado actual cuando no se tienen en cuenta los viajes generados.

Las cifras obtenidas para las elasticidades del AVE son consistentes con el análisis previo de respuesta de la demanda en los distintos escenarios considerados. Se ha demostrado que la demanda del AVE es inelástica con respecto al precio, al tiempo y especialmente a la frecuencia. Sin embargo, es necesario puntualizar que en el corredor de corta distancia (Madrid-Zaragoza), la demanda es más sensible al tiempo de viaje que al coste o al tiempo de acceso, mientras que en el corredor Madrid-Barcelona, la demanda es más sensible al coste de viaje que a cualquier otro atributo. Respecto a las elasticidades cruzadas, la demanda del AVE en el corredor Madrid-Zaragoza será mucho más sensible a políticas que incrementen el coste de viaje en vehículo privado que el puro aumento del tiempo de viaje debido a la congestión, mientras que en el corredor Madrid-Barcelona, la demanda del AVE es más sensible a incrementos en el coste de viaje en el avión. Estos aspectos deberían ser considerados por los operadores de los servicios a la hora de diseñar sus estrategias competitivas.

El análisis realizado indica que el volumen de demanda esperado (entorno a 2,17 millones de pasajeros al año) para el tren de alta velocidad en el corredor Madrid-Barcelona no es suficiente para garantizar la rentabilidad de la inversión. Según se señala en de Rus y Román (2006), el número de viajes que sería necesario desviar de los otros modos estaría comprendido entre 11 y 20 millones de pasajeros durante el primer año para garantizar la rentabilidad social de la inversión en alta velocidad, estando el volumen total de demanda comprendido entre 17 y 24 millones de pasajeros al año.

Estos resultados, junto con la baja tasa de retorno del proyecto ponen en entredicho la competencia que puede ejercer el tren de alta velocidad en mercados de transporte aéreo que tradicionalmente se han caracterizado por un elevado nivel de frecuencias en los servicios. No obstante, el AVE podría ser una alternativa más competitiva en los segmentos de corta distancia (Madrid-Zaragoza y Zaragoza-Barcelona) intentando captar tráfico del autobús y del vehículo privado.

Finalmente, el desarrollo paralelo de las infraestructuras aeroportuarias (con aeropuertos dotados de modernas instalaciones y con excelentes conexiones de transporte público con los centros de actividad económica de las ciudades) y de las infraestructuras viales (con una excelente red de autovías que permite conectar la mayoría de las capitales de provincia) comprometen aún más la justificación de las inversiones en alta velocidad.

REFERENCIAS

- Atkins, (2004). "High-Speed Line Study. Department of Environment". *Transport and the Regions*, London.
- Ben-Akiva, M.E. and Morikawa, T. (1990): "Estimation of travel demand models from multiple data sources". *Proceedings 11th International Symposium on Transportation and Traffic Theory*, Yokohama, July 1990.
- Blum, U., Haynes, K. E. y Karlsson, C. (1997): "Introduction to the special issue The regional and urban effects of high-speed trains", *The Annals of Regional Science*, 31, pp. 1-20.
- Bradley, M.A. and Daly, A. J. (1997): "Estimation of logit choice models using mixed stated preference and revealed preference information". In P.R. Stopher and M. Lee-Gosselin (eds.), *Understanding Travel Behaviour in an Era of Change*, Pergamon, Oxford.
- Cherchi, E. y Ortúzar, J. de D. (2004): "On fitting mode-specific constants in the presence of new options in RP/SP models". *Transportation Research 40A*, pp.1-18.
- Combes, P.P y Linnemer, L. (2000): "Intermodal competition and regional inequalities". *Regional Science and Urban Economics* 30, pp. 131-184.
- de Rus, G. e Inglada, V. (1993): "Análisis coste-beneficio del tren de alta velocidad en España", *Economía Aplicada*, nº 3, pp. 27-48. 1993.
- de Rus, G. e Inglada, V. (1997): "Cost-benefit analysis of the high-speed train in Spain", *The Annals of Regional Science*, 31, pp. 175-188.
- de Rus, G. y Nombela, G. (2004): "Is the investment in High Speed Rail socially profitable?". *Journal of Transport Economics and Policy*, 41 (1), pp. 3-23.
- de Rús, G. y Román, C. (2006) "Análisis económico de la línea de alta velocidad Madrid-Barcelona". *Revista de Economía Aplicada*, 14(42), pp. 35-79.
- Exel, J. Van, Rienstra, S., Gommers, M., Pearman, A. y Tsamboulas, D. (2002). "EU involvement in TEN development: network effects and European value added", *Transport Policy* 9, pp. 299-311.
- Fröidh, O. (2005). "Market effects of regional high-speed trains on the Svealand line". *Journal of Transport Geography* 13(4), pp. 352-361.
- González-Savignat, M (2000). *Preferencias declaradas con diseño de experimentos: una aplicación al tren de alta velocidad*. Tesis Doctoral. Departamento de

- fundamentos del análisis económico e historia e instituciones económicas. Universidad de Vigo.
- González-Savignat, M. (2004a): "Competition in air transport. The case of the high speed train", *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 38(1), pp. 77-108.
- González-Savignat, M. (2004b): "Will de High-speed train compete against the private vehicle?". *Transport Reviews*, vol 24 (3), PP. 293-316.
- Gutiérrez, J. (2001). "Location, economic potential and daily accessibility: an analysis of the accessibility impact of the high-speed line", *Journal of Transport Geography* 9, pp. 229-242.
- Gutierrez, J. (2004): "El tren de alta velocidad y sus efectos espaciales", *Investigaciones Regionales*, vol. 5, pp. 199-221.
- Gutiérrez, J., González, R. y Gómez, G. (1996). "The European high-speed train network: predicted effects on accessibility patterns", *Journal of Transport Geography* 4(4), pp. 227-238.
- Haynes, K.E. (1997): "Labor markets and regional transportation improvements: the case of high-speed trains: An introduction and review", *The Annals of Regional Science*, 31, pp. 57-76.
- Jara-Díaz, S.R. (1998): "Time and income in travel choice: towards a microeconomic activity-based theoretical framework", en Garling, T., Laitila, T. y Westin, K. (eds): *Theoretical Foundations of Travel Choice Modeling*. Elsevier Science, Nueva York.
- Jara-Díaz, S.R. y Farah, M. (1987): "Transport demand and users' benefits with fixed income: the goods/leisure trade-off revisited", *Transportation Research*, vol. 21B, pp. 165-170.
- Laird, J.J., Nellthorp, J. y Mackie P.J. (2005). "Network effects and total economic impact in transport appraisal", *Transport Policy* 12, 537-544.
- Lancaster, K.J. (1966). "A new approach to consumer theory", *Journal of Political Economy* 14, pp. 132-157.
- Levinson, D., Mathieu, J.M., Gillen, D. y Kanafani, A. (1997): "The full cost of high-speed rail: an engineering approach", *The Annals of Regional Science*, 31, pp. 189-215.
- Louviere, J.J., Hensher, D.A and Swait, J.D. (2000). *Stated Choice Methods: Analysis and Application*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Martin, F. (1997): "Justifying a high-speed rail project: social value vs. regional growth", *The Annals of Regional Science*, 31, pp. 155-174.
- Martín, J.C., Gutiérrez, J. y Román, C. (2004). "Data Envelopment Analysis (DEA) index to measure the accessibility impacts of new infrastructure investments: The case of the high-speed train corridor Madrid-Barcelona-French border", *Regional Studies* 38(6), pp. 697-712.
- McFadden, D. (1974): "The measurement of urban travel demand", *Journal of Public Economics*, vol. 3, pp. 303-328.
- McFadden, D. (1981): "Econometric models of probabilistic choice", en Manski, C. y McFadden, D. (eds): *Structural Analysis of Discrete Choice Data with Econometric Applications*, MIT Press, Cambridge, Mass.

- Nash, C. A. (1991): "The case for high speed rail", Institute for Transport Studies, The University of Leeds, Working Paper 323.
- Ortúzar, J. de D. y Willumsen, L.G. (2001). *Modelling Transport*. 3rd edition. John Wiley & Sons, Chichester.
- Plassard, F. (1994): "High speed transport and regional development" in *Regional policy, transport network*. European Conference of Ministers of Transport. Paris
- Rizzi, L.I. y Ortúzar, J de D. (2003): "Stated preference in the valuation of interurban road safety", *Accident Analysis and Prevention*, vol. 35, pp.9-22.
- Short, J. y Kopp, A. (2005). "Transport infrastructure: Investment and planning. Policy and research aspects", *Transport Policy* 12, pp. 360-367
- Sichelschmidt, H. (1999). "The EU programme "trans-European networks"- critical assessment", *Transport Policy* 6, 169-181.
- Steer Davies Gleave (2004): *High speed rail: International comparisons*. Commission for Integrated Transport. London.
- Vickerman, R. (1995): "The regional impacts of Trans-European networks", *The Annals of Regional Science*, 29, pp. 237-254.
- Vickerman, R. (1997): "High-speed rail in Europe: experience and issues for future development", *The Annals of Regional Science*, 31, pp. 21-38.
- Vickerman, R.W., Spiekermann, K. y Wegener, M. (1999). "Accessibility and economic development in Europe", *Regional Studies* 33(1), pp. 1-15.
- Williams, H.C.W.L., (1977). "On the formation of travel demand models and economic evaluation measures of user benefit". *Environment and Planning* 9A, pp. 167-219.

Anexo A1

El coste de viaje y el tiempo de acceso se definieron en función de los valores declarados por el individuo en la encuesta previa de Preferencias Reveladas. La frecuencia se definió en función de si la hora de salida era anterior o posterior a las 9:00 am. Todas las variables se definieron con tres niveles, a excepción de la frecuencia y la comodidad que se definieron con dos. En el caso de la comodidad se consideró como referencia de comodidad alta la del AVE y se definieron dos niveles para el caso del avión (baja y alta), con el objeto de analizar el efecto que se produciría al aumentar el estándar de comodidad en el avión (véase Cuadro A1.1).

Las variables que no se adaptaron en función de los valores revelados en la encuesta se definieron tomando niveles de variación que fueran considerados lógicos por el individuo. Así por ejemplo, la puntualidad en el AVE variaba entre salida puntual y salida con 10 minutos de retraso. La simulación con retrasos superiores a 10 minutos no habría sido percibida como un escenario realista ya que en el transporte ferroviario generalmente los retrasos no son muy grandes.

Cuadro A1.1
Niveles de las variables en el experimento de Preferencias Declaradas

Variable	Nivel	Modo			
		Avión		AVE	
Coste de viaje (c_v)	0	$c_v * 1,10$		c_v	
	1	c_v		$c_v * 0,90$	
	2	$c_v * 0,90$		$c_v * 0,80$	
Tiempo de viaje	0	1h 20 min		2h 45 min	
	1	1h 10 min		2h 30 min	
	2	1h		2h 15 min	
Tiempo de acc+egr (t_a)	0	$t_a * 1,20$		t_a	
	1	t_a		$t_a * 0,90$	
	2	$t_a * 0,80$		$t_a * 0,80$	
Frecuencia		<i>Salida antes de las 9:00</i>	<i>Salida después de las 9:00</i>	<i>Salida antes de las 9:00</i>	<i>Salida después de las 9:00</i>
	0	cada 30 min	cada 60 min	cada 60 min	cada 90 min
	1	cada 15 min	cada 30 min	cada 30 min	cada 60 min
Puntualidad	0	Retraso de 30 min (embarcados en el avión)		Retraso de 10 min	
	1	Retraso de 15 min (en la sala de embarque)		Retraso de 5 min	
	2	Salida puntual		Salida puntual	
Comodidad	0	Baja: Asiento estrecho. Poca separación entre asientos		Alta: Asiento amplio. Bastante separación entre asientos	
	1	Alta: Asiento amplio Bastante separación entre asientos		-	

c_v =Coste de viaje en avión

t_a =Tiempo de acceso en avión

El diseño experimental consiste en combinar los distintos niveles de las variables para cada modo, creando distintas situaciones de elección que definen unas características determinadas para el avión y para el AVE. El programa diseñado en WINMIN enfrentaba al individuo ante 9 situaciones de elección entre avión y AVE similares a la que se muestra en el gráfico A1.1. Además, se tuvo en cuenta a la hora de diseñar el programa que no se considerasen alternativas dominadas, es decir, cuando una alternativa es superior a la otra en todos los atributos. De esta forma, en las 9 situaciones de elección existía un intercambio entre atributos.

Gráfico A1.1
Situación de elección de Preferencias Declaradas

AVIÓN	
Tarifa:	100 €
Tiempo de viaje:	1h 10min
Tiempo de acceso:	50 min
Frecuencia:	cada 15 min
Puntualidad:	Retraso de 15 min (en la sala de embarque)
Comodidad:	Baja: Asiento estrecho Poca separación entre asientos

AVE	
Tarifa:	80 €
Tiempo de viaje:	2h 15 min
Tiempo de acceso:	30 min
Frecuencia:	cada 60 min
Puntualidad:	Salida puntual
Comodidad:	Alta: Asiento amplio Bastante separación entre asientos

Elijo AVIÓN ---

Elijo AVE ---

Una de las ventajas del empleo de datos de Preferencias Declaradas es que, por cada individuo, es posible obtener varias observaciones. En nuestro caso, cada persona proporcionó 9 observaciones; obteniéndose una muestra en total de 2.689 observaciones.

Anexo A2

Cuadro A2.1
Variables empleadas en la especificación del modelo
Corredor Madrid-Zaragoza

VARIABLES DEL MODELO	Unidades	Modo				
		Coche conductor	Coche acompañante	Autobús	AVE	Avión
VARIABLES DE NIVEL DE SERVICIO						
Tiempo de acceso+egreso (t _a)	Min	-	-	√	√	√
Tiempo de espera (t _e)	Min	-	-	-	√	√
Tiempo de viaje (t _v)	Min	√	√	√	√	√
Coste de viaje/combustible (c _v)	€	√	√	√	√	√
Tiempo entre dos servicios (f)	Min	-	-	√	√	√
VARIABLES SOCIOECONÓMICAS						
Trabajo o estudios (T)	1 si el viaje es por trabajo o estudios 0 en otro caso	√	√	√	√	√
Tiempo acc+egr <60 (t _{a<60})	1 si el tpo acc+egr es menor que 60' 0 en otro caso	-	-	√	√	√
Ingreso semanal per cápita (I)	€	√	√	√	√	√
Tiempo total por período (semana) (T _t)	Horas	√	√	√	√	√
Hora de trabajo por período (semana) (W)	Horas	√	√	√	√	√
Tasa de gasto (g) g=I/(T _t -W)	€/horas disponibles	√	√	√	√	√

Cuadro A2.2
Variables empleadas en la especificación del modelo
Corredor Madrid-Barcelona

VARIABLES DEL MODELO	Unidades	Modo				
		Coche conductor	Coche acompañante	Bus	Tren convencional	Avión
VARIABLES DE NIVEL DE SERVICIO (PREFERENCIAS REVELADAS)						
Tiempo de acceso+egreso (t_a)	Min	-	-	√	√	√
Tiempo de espera (t_e)	Min	-	-	√	√	√
Tiempo de viaje (t_v)	Min	√	√	√	√	√
Coste de viaje/combustible (c_v)	€	√	√	√	√	√
Tiempo entre dos servicios (f)	Min	-	-	√	√	√
VARIABLES DE NIVEL DE SERVICIO (PREFERENCIAS DECLARADAS)						
	Unidades	Coche conductor	Coche acompañante	Bus	AVE	Avión
Tiempo de acceso+egreso (t_a)	Min	-	-	-	√	√
Tiempo de viaje (t_v)	Min	-	-	-	√	√
Coste de viaje (c_v)	€	-	-	-	√	√
Tiempo entre dos servicios (f)	Min	-	-	-	√	√
Puntualidad (tiempo de retraso) (r)	Min	-	-	-	√	√
Comodidad (CA)	1 para comodidad alta	-	-	-	-	√
VARIABLES SOCIOECONÓMICAS						
Trabajo o estudios (T)	1 si el viaje es por trabajo o estudios 0 en otro caso	√	√	√	√	√
Tiempo acc+egr <60' ($T_{a<60}$)	1 si el tpo acc+egr es menor que 60, 0 en otro caso	-	-	√	√	√
Ingreso semanal per cápita (I)	€	√	√	√	√	√
Tiempo total por período (semana) (T_t)	Horas	√	√	√	√	√
Hora de trabajo por período (semana) (W)	Horas	√	√	√	√	√
Tasa de gasto (g) $g=I/(T_t-W)$	€/horas disponibles	√	√	√	√	√

Cuadro A2.3
Expresión de las medidas de disposición a pagar. Corredor Madrid-Zaragoza

Valor subjetivo del tiempo de viaje (VSTV)	$\frac{\theta_{t_v} + \theta_{t_v-T} T}{\theta_{c_v/g} + \frac{1}{I} 2\theta_{c_v^2/gl} c_v} g$
Valor subjetivo del tiempo de acceso (VSTA)	$\frac{\theta_{t_a} + \theta_{t_a-T_{a<60}} T_{a<60}}{\theta_{c_v/g} + \frac{1}{I} 2\theta_{c_v^2/gl} c_v} g$
Valor subjetivo del tiempo de espera (VSTE)	$\frac{\theta_{t_e}}{\theta_{c_v/g} + \frac{1}{I} 2\theta_{c_v^2/gl} c_v} g$
Valor subjetivo del tiempo entre dos servicios (VSF)	$\frac{\theta_f}{\theta_{c_v/g} + \frac{1}{I} 2\theta_{c_v^2/gl} c_v} g$

Cuadro A2.4

Expresión de las medidas de disposición a pagar. Corredor Madrid-Barcelona

Valor subjetivo del tiempo de viaje (VSTV)		
Coche C/Coche A./Bus/Tren	Avión	AVE
$\frac{\theta_{t_v} + \theta_{t_v-T}T}{\theta_{c_v/g} + \frac{1}{I}2\theta_{c_v^2/gl}c_v}g$	$\frac{\theta_{t_v} + \theta_{t_v-T}T + \mu\theta_{CA-t_v}CA}{\theta_{c_v/g} + \frac{1}{I}2\theta_{c_v^2/gl}c_v}g$	$\frac{\mu\theta_{t_v} + \mu\theta_{t_v-T}T}{\mu\theta_{c_v/g} + \frac{1}{I}2\mu\theta_{c_v^2/gl}c_v}g$
Valor subjetivo del tiempo de acceso (VSTA)		
Bus/Tren/Avión/AVE		
$\frac{\theta_{t_a} + \theta_{t_a-T_{a<60}}T_{a<60}}{\theta_{c_v/g} + \frac{1}{I}2\theta_{c_v^2/gl}c_v}g$		
Valor subjetivo del tiempo de espera (VSTE)		
Bus/Tren/Avión		
$\frac{\theta_{t_e}}{\theta_{c_v/g} + \frac{1}{I}2\theta_{c_v^2/gl}c_v}g$		
Valor subjetivo del tiempo entre dos servicios (VSF)		
Bus/Tren/Avión/AVE		
$\frac{\theta_f}{\theta_{c_v/g} + \frac{1}{I}2\theta_{c_v^2/gl}c_v}g$		
Valor subjetivo del tiempo de retraso (VSR)		
Avión	AVE	
$\frac{\mu\theta_r}{\theta_{c_v/g} + \frac{1}{I}2\theta_{c_v^2/gl}c_v}g$	$\frac{\mu\theta_r}{\mu\theta_{c_v/g} + \frac{1}{I}2\mu\theta_{c_v^2/gl}c_v}g$	
Valor subjetivo por pasar de comodidad baja a alta (VSCom)		
Avión		
$\frac{\mu\theta_{CA-t_v}t_v}{\theta_{c_v/g} + \frac{1}{I}2\theta_{c_v^2/gl}c_v}g$		