

# EL PAPEL DEL TRANSPORTE PÚBLICO EN LAS CIUDADES

Javier ASENSIO  
Anna MATAS

## I. INTRODUCCIÓN

**E**N las últimas décadas, hemos asistido a cambios muy importantes en la movilidad diaria en las áreas urbanas que, con mayor o menor intensidad, se repiten en la mayoría de ciudades europeas. Los principales cambios que se constatan son un aumento de la distancia recorrida y del tiempo de viaje; por contra, no se observa un aumento significativo del número total de viajes. No obstante, el cambio más trascendental ha tenido lugar en la distribución modal, con un fuerte aumento de los viajes motorizados, principalmente en transporte privado, en detrimento de los viajes a pie. Los factores que de forma más clara han influido sobre la demanda de transporte son la localización de las distintas actividades económicas y el aumento del nivel de renta, con el consiguiente aumento del grado de motorización.

El término empleado habitualmente para hacer referencia a la estructura espacial que resulta de la localización de las actividades es el de «forma urbana». La influencia de la forma urbana sobre la demanda de transporte se produce tanto en términos de los patrones de desplazamientos metropolitanos, dando lugar a distintos orígenes y destinos de los viajes, como del reparto modal. A su vez, los cambios que puedan producirse en el sector del transporte influyen sobre la evolución de la forma urbana, afectando tanto a las decisiones de localización de las residencias como de las empresas.

En las últimas décadas, los cambios en la forma urbana en las principales áreas metropolitanas de los países desarrollados han sido el resultado de la manifestación de una mayor preferencia por parte de los hogares y las empresas por situarse en la periferia de dichas áreas, en detrimento del núcleo de éstas. Es decir, se producen fenómenos de suburbanización residencial y de descentralización de las actividades empresariales. En ambos casos, actúan factores de expulsión y de atracción. En el caso de la suburbanización, tanto la evolución de los precios de la vivienda como la mejor accesibilidad proporcionada por mayores grados de motorización y desarrollos de las redes de transporte

han dado lugar a procesos más o menos intensos de abandono de los centros urbanos en favor de áreas próximas a las grandes ciudades, las cuales han experimentado de esta forma procesos de urbanización que, en ocasiones, han sido muy intensos. El cambio en la localización de las actividades empresariales responde de forma más particular a las características de cada uno de los sectores. Aquellas actividades con una mayor demanda de espacio y con necesidad de garantizar una buena accesibilidad a las redes de transporte por carretera han sido las que han contado con más incentivos para abandonar los centros urbanos.

Las cifras del cuadro n.º 1 tratan de aportar evidencia sobre la suburbanización en las principales ciudades españolas. Si bien la delimitación del núcleo y la periferia metropolitanos que mejor permita cuantificar el proceso es objeto de un intenso debate (Pumain *et al.*, 1992; Clusa y Roca, 1997), no siempre es posible disponer de los datos referidos a la delimitación más exacta. Para cuantificar de forma aproximada la importancia de la suburbanización en España, en el cuadro n.º 1 se compara la evolución de la población residente en la provincia correspondiente con la del municipio que constituye su capital. Estos ámbitos sólo pueden servir para dar una idea muy general sobre dicho proceso, pero aún así muestran una evolución consistente con la observada en otros países (1). Las cifras del cuadro n.º 1 muestran que, en la mayoría de casos, el peso relativo de la capital sobre la población provincial ha disminuido de forma clara en los últimos años. La tendencia parece especialmente evidente en el caso de Madrid y Barcelona, las áreas metropolitanas de mayor tamaño, mientras que los casos de Murcia y Zaragoza constituyen excepciones.

¿Qué efectos concretos sobre la demanda de transporte cabe esperar de la suburbanización y la descentralización? En primer lugar, se producen cambios en los patrones de los desplazamientos por movilidad obligada, dado que cobran mayor importancia los viajes generados entre distintos municipios de la periferia metropolitana. A pesar de que el paralelismo entre los fenómenos de suburbanización y descentralización no tendría por qué dar lugar a incrementos en las distancias medias entre las residencias y los lugares de trabajo, se observan importantes fenómenos de *cross-commuting*, es decir, de movilidad obligada a lugares de empleo que no son los más próximos a la residencia, en ocasiones atravesando el conjunto del área metropolitana (2). Sin embargo, el incremento relativo en los desplazamientos de carácter transversal no puede ocultar la importancia que mantienen los

CUADRO N.º 1

## SUBURBANIZACIÓN EN LAS PRINCIPALES CIUDADES ESPAÑOLAS, 1986-1996

	Provincia 1986	Capital 1986	Porcentaje 1986	Provincia 1991	Capital 1991	Porcentaje 1991	Provincia 1996	Capital 1996	Porcentaje 1996
Madrid .....	4.854.616	3.123.713	64,35	4.947.555	3.010.492	60,85	5.022.289	2.866.850	57,08
Barcelona .....	4.598.249	1.694.064	36,84	4.654.407	1.643.542	35,31	4.628.277	1.508.805	32,60
Valencia .....	2.079.441	738.575	35,52	2.117.927	752.909	35,55	2.172.840	746.683	34,36
Sevilla .....	1.550.492	668.356	43,11	1.619.703	683.028	42,17	1.705.320	697.487	40,90
Zaragoza .....	845.866	596.080	70,47	837.327	594.394	70,99	842.419	601.674	71,42
Málaga.....	1.215.479	595.264	48,97	1.160.843	522.108	44,98	1.249.290	549.135	43,96
Bilbao .....	1.168.405	378.221	32,37	1.155.106	369.839	32,02	1.140.026	358.875	31,48
Murcia .....	1.014.285	309.504	30,51	1.045.601	328.100	31,38	1.097.249	345.759	31,51
Valladolid.....	503.306	341.194	67,79	494.207	330.700	66,92	490.205	319.805	65,24

Fuente: Elaboración propia a partir de datos censales y padronales del INE. De la lista de mayores ciudades se excluye Las Palmas de Gran Canaria por la inclusión en los datos provinciales de las poblaciones de Fuerteventura y Lanzarote.

desplazamientos de acceso al núcleo metropolitano desde su periferia como resultado de las suburbanización y el mantenimiento en el núcleo de un importante número de puestos de trabajo.

Adicionalmente a estos cambios en la importancia relativa de cada tipo de desplazamiento, la modificación en la forma urbana también influye sobre el reparto de los desplazamientos entre los distintos modos de transporte. Entre el amplio conjunto de factores que afectan a la elección modal, aquellos ligados a los fenómenos de suburbanización y descentralización tienden a incrementar los viajes motorizados frente a los no motorizados. Además, la creciente dispersión de residencias y lugares de empleo disminuye de forma evidente la competitividad del transporte público y favorece el uso del transporte privado. El aumento en el nivel de renta

y la mayor disponibilidad de automóvil son los otros factores que han impulsado estos cambios.

El cuadro n.º 2 muestra el reparto de los viajes entre medios de transporte en algunas ciudades europeas (3). Los datos permiten poner de relieve el elevado porcentaje de los viajes motorizados en todas las ciudades contempladas (4). El reparto de los viajes motorizados entre transporte privado y público depende de la dispersión de las actividades en el espacio, tal como ya se ha apuntado, y del precio y calidad de la oferta de transporte. De acuerdo con la muestra de ciudades disponible, el transporte público domina en las de mayor tamaño, donde, por regla general, una densidad de población más alta facilita la oferta de un transporte público de mayor calidad.

CUADRO N.º 2

## REPARTO MODAL DE LOS VIAJES EN ALGUNAS CIUDADES EUROPEAS

	Madrid	Londres	Barcelona	Viena	Munich	Marsella	Amsterdam	Hannover	Nurenberg	Lyon	Manchester	Toulouse
Población .....	2.886.850	2.504.451	1.630.867	1.539.848	1.244.676	800.309	722.350	534.520	495.845	415.479	404.861	358.598
Área.....	606,4	320,5	99,1	406,1	310,5	240,6	175,7	204,1	185,8	47,9	116,1	118,3
Densidad (hab/km <sup>2</sup> ).....	4.761	7.814	16.462	3.792	4.009	3.326	4.112	2.619	2.669	8.679	3.487	3.031
REPARTO VIAJES (porcentaje)												
No motorizados .....	nd	30,5	24,5	26,0	37,0	39,3	50,0	37,0	33,0	41,4	28,7	31,2
Motorizados.....	nd	69,5	75,5	74,0	63,0	59,7	50,0	63,0	67,0	58,3	71,3	68,3
Transporte privado .....	34,0	52,4	43,4	50,0	60,3	78,2	70,0	66,7	70,1	71,9	70,0	81,3
Transporte público .....	66,0	47,6	56,6	50,0	39,7	21,8	30,0	33,3	29,9	28,1	30,0	18,7

Fuente: ITS (1997), SESAME (1999) y CRTM (1999).

En cualquier caso, el uso del automóvil privado es superior al óptimo, dado que los usuarios no pagan todos los costes que ocasionan en términos de congestión, accidentes e impacto ambiental. Este uso ineficiente del transporte privado ha dado lugar a unos costes sociales excesivos y a una fuerte presión sobre la infraestructura viaria que, a su vez, genera nuevas necesidades de inversión. Es posible que, en algunos casos, dichas inversiones no estuvieran justificadas con un sistema óptimo de precios. Se plantea pues la necesidad de invertir la tendencia entre transporte público y privado.

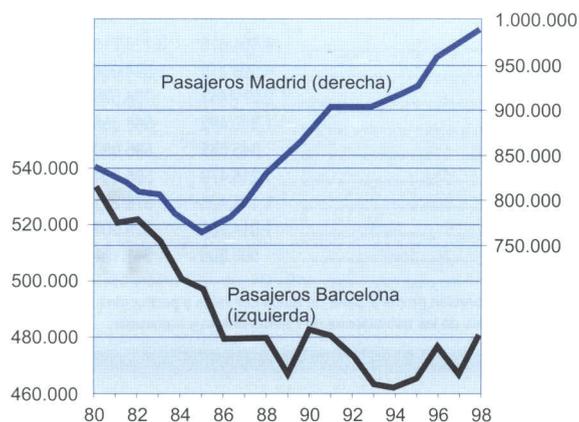
El objetivo de este artículo es discutir la efectividad de distintas políticas de transporte que permitan modificar el reparto de la demanda en términos que favorezcan al transporte público. En el apartado II, se presentan, a modo de ejemplo, los factores explicativos de la diferente evolución del número de pasajeros en transporte público en Madrid y Barcelona. En el apartado III, se ofrece una revisión de la literatura en relación con las elasticidades modales halladas en áreas urbanas y una estimación de las elasticidades para los viajes desde la periferia de la Región Metropolitana de Barcelona (RMB) y con destino al centro de ésta.

## II. FACTORES EXPLICATIVOS DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE PÚBLICO EN MADRID Y BARCELONA

El gráfico 1 refleja la evolución del número de pasajeros transportados por los servicios de transporte público —autobús y metro— en las ciudades de Madrid y Barcelona desde 1980. Hasta el año 1986, la demanda de transporte público en las dos ciudades sigue la misma tendencia decreciente, iniciada a mediados de la década de los setenta, la cual está relacionada con la intensa crisis económica vivida durante aquellos años. No obstante, a partir de aquel año, la evolución es claramente distinta. Mientras en Madrid se inicia un crecimiento del número de pasajeros que, a ritmo variable, ha seguido hasta nuestros días, en Barcelona la demanda se estanca alrededor de las mismas cifras, aunque con fuertes oscilaciones que, a grandes rasgos, se corresponden con el nivel de actividad económica (5).

La división de la demanda atendiendo al medio de transporte y al periodo temporal (gráfico 2 y cuadro n.º 3) permite clarificar dicha evolución. Así, se constata que la principal diferencia entre las dos ciudades radica en los pasajeros transportados por el autobús. En Barcelona, la demanda disminuye a

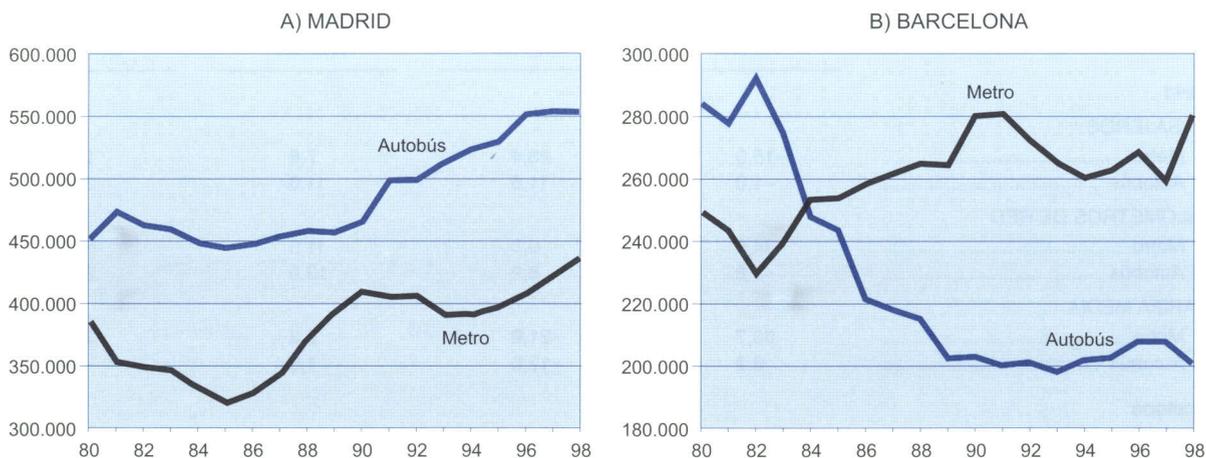
GRÁFICO 1  
EVOLUCIÓN DE LA DEMANDA EN TRANSPORTE PÚBLICO EN MADRID Y BARCELONA



lo largo de los diecinueve años observados, con una caída global de un 29,4 por 100, aunque cabe notar el freno en la pérdida de pasajeros que se produce en los últimos años. En Madrid, la disminución sólo afecta al primer período y lo hace de forma mucho más débil; en conjunto, la demanda crece un 22,7 por 100. La evolución de los pasajeros transportados por el metro es muy similar en los dos ámbitos territoriales, con un aumento cercano al 13 por 100 entre 1980 y 1998, aunque el perfil temporal es distinto. En Madrid, el metro pierde un 15 por 100 de los pasajeros entre 1980 y 1986, etapa en la que, además del efecto de la crisis económica, se intuye una cierta sustitución entre metro y autobús a favor del segundo. Sin embargo, en los siguientes años, el número de pasajeros se recupera con creces y su expansión continúa hasta nuestros días. La red de metro de Barcelona ha transportado un número creciente de pasajeros —aunque con oscilaciones importantes— a lo largo de todo el período observado, captando parte de los antiguos usuarios del autobús.

La explicación de esta evolución dispar reside en gran medida en los cambios habidos en el precio y la calidad del transporte público (6). El gráfico 3 muestra la evolución de la tarifa media en términos reales (7), mientras el cuadro n.º 3 detalla su variación según medio de transporte y período. En Madrid, la evolución de la tarifa viene marcada por la creación del abono de transporte en 1987. Desde 1980 hasta 1986 se observa un aumento del precio en términos reales que es claramente supe-

GRÁFICO 2  
EVOLUCIÓN DE LA DEMANDA EN AUTOBÚS Y METRO EN MADRID Y BARCELONA



rior para el metro, debido, sobre todo, a un menor valor de partida. Entre 1987 y 1992 el precio desciende en términos reales gracias a la progresiva extensión del abono, el cual permite realizar un número ilimitado de viajes en cualquiera de los medios de transporte que operan en el área a un precio unitario inferior. El precio de dicho abono se mantiene constante en términos nominales desde su creación en 1987 hasta febrero de 1992. A partir de 1993, la tarifa media aumenta en términos reales, pero lo hace de forma muy suave, dada la creciente penetración del abono, la cual alcanza en 1997 el 63 por 100 en el autobús y el 57 por 100 en el metro. En Barcelona, por el contrario, la tarifa media muestra un perfil claramente creciente a lo largo de todo el período. De nuevo, partiendo de un menor valor inicial se produce un mayor crecimiento relativo en la tarifa del metro, hasta igualar la del autobús en 1998.

Para mostrar la calidad del transporte público, se ha elegido la variable kilómetros de red, reflejada en el gráfico 4 y cuadro n.º 3. En este caso, se observa un comportamiento claramente dispar de la evolución de los kilómetros de red de autobús en las dos ciudades. En Madrid, la red de autobús ha crecido de forma continuada durante todo el período y, de manera más intensa, en los últimos años. Barcelona, por el contrario, presenta una disminución de su red de autobús durante toda la etapa observada, y sólo parece cambiar esta tendencia a partir de 1996. Entre 1980 y 1998, la extensión de

la red de metro en términos porcentuales ha sido mayor en Barcelona que en Madrid; no así en valor absoluto. En ambas ciudades, el crecimiento se ha concentrado mayoritariamente en los primeros años observados. Cabe señalar que en 1999 la red de metro de Madrid se amplió de 125 a 170 kilómetros, sin que el análisis que aquí se presenta recoja este aumento.

Con la finalidad de cuantificar la aportación de cada una de las variables explicativas a la variación de la demanda, se ha estimado un modelo de demanda directa (8) que relaciona el número total de pasajeros transportados con la tarifa media y los kilómetros de red (9) como variables que caracterizan la oferta de transporte público y la población ocupada a escala provincial como variable expresiva de la actividad económica. Se considera que el transporte público en Madrid y Barcelona engloba autobús y metro; por ello, los pasajeros y kilómetros de red corresponden a la suma de dichas variables para ambos medios de transporte, mientras que el precio es una media ponderada de la tarifa media del autobús y metro en función del número de usuarios. El período de observación se extiende desde 1980 hasta 1998, y la ecuación se estima con datos anuales.

El cuadro n.º 4 refleja el valor de las variables de la ecuación en 1998. En general, cuando se relacionan las variables expresivas de la oferta —kilómetros de red y vehículos-km recorridos— con el número de habitantes, se observa una mejor cali-

CUADRO N.º 3

**CAMBIOS EN LA DEMANDA DE TRANSPORTE PÚBLICO Y PRINCIPALES VARIABLES EXPLICATIVAS**  
(Expresado en variación porcentual)

	1986/1980	1992/1986	1998/1992	1998/1980
<b>Madrid</b>				
PASAJEROS				
Metro .....	-15,0	23,4	7,6	12,9
Autobús .....	-1,0	11,6	11,0	22,7
KILÓMETROS DE RED				
Metro .....	34,0	0,3	11,5	54,4
Autobús .....	1,8	6,2	13,0	22,2
TARIFA MEDIA				
Metro .....	63,7	-21,9	3,2	32,0
Autobús .....	8,9	-12,0	1,3	-3,4
<b>Barcelona</b>				
PASAJEROS				
Metro .....	3,5	5,5	3,1	12,6
Autobús .....	-22,1	-9,1	-0,2	-29,4
KILÓMETROS DE RED				
Metro .....	43,2	7,2	12,3	73,9
Autobús .....	-16,4	-16,4	11,3	-22,2
TARIFA MEDIA				
Metro .....	32,8	20,3	17,7	88,0
Autobús .....	14,2	10,2	5,6	32,9

Fuente: Informes anuales de Transports Municipals de Barcelona, Empresa Municipal de Transportes de Madrid y Compañía Metropolitana de Madrid, varios años.

dad de servicio en Madrid que en Barcelona, tanto para el metro como para el autobús. La tarifa media —calculada ponderando el precio de cada tipo de billete por el número de usuarios— es sensiblemente más alta en Barcelona que en Madrid, debido a la gran utilización del abono de transporte, que supone un precio unitario por viaje inferior al del resto de títulos. Aunque en 1998 los usuarios de autobús y metro en ambas ciudades se enfrentan a las mismas tarifas, las diferencias responden a una distribución de los pasajeros por títulos de viaje ligeramente distinta. En cuanto a los pasajeros transportados, se observa un índice de ocupación por km recorrido similar en ambas ciudades, pero un mayor número de viajeros por habitante en Madrid, sobre todo para el autobús. Por último, el nivel de actividad económica se ha medido de acuerdo con la población ocupada a escala provincial según datos de la EPA (10).

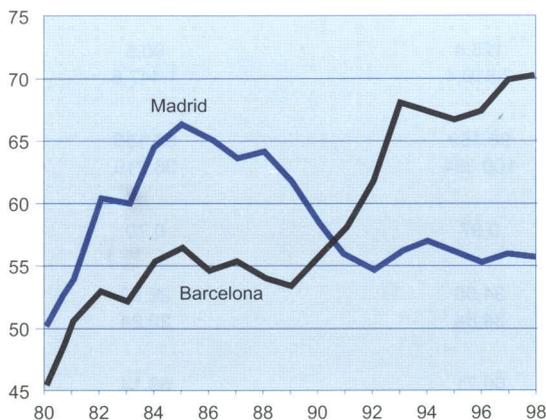
Para cada una de las dos ciudades se procedió a estimar la siguiente función de demanda:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta_{i1} red_{it} + \beta_{i2} tarifa_{it} + \beta_{i3} ocupacion_{it} + \varepsilon_{it}$$

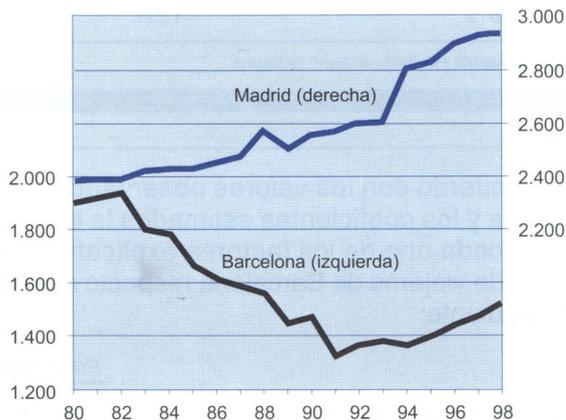
Donde  $Y_{it}$  es el número de pasajeros en la ciudad «i» en el año «t». Todas las variables se han transformado tomando logaritmos.

La especificación del modelo en niveles resultó satisfactoria. El valor del DW era indicativo de ausencia de autocorrelación serial en las perturbaciones. Se ensayó tanto una especificación estática como una dinámica, y se obtuvo un grado de ajuste muy parecido en ambos casos, con un valor de las elasticidades a largo plazo idéntico. En aras de la sencillez, se optó por la estimación estática. Los resultados pusieron de relieve que la demanda en Madrid y Barcelona mostraba tener una sensibilidad similar respecto a los kilómetros de red, mientras que la elasticidad era distinta respecto al precio y al nivel de ocupación. A partir de aquí se procedió a formar un panel con las dos ciudades y se estimó mediante SURE un modelo de efectos fijos con un coeficiente común para la variable red, y coeficientes específicos para el resto de variables explicativas. Los resultados se presentan en el cuadro n.º 5.

**GRÁFICO 3**  
**EVOLUCIÓN DE LA TARIFA MEDIA**  
**DEL TRANSPORTE PÚBLICO**  
**EN MADRID Y BARCELONA**



**GRÁFICO 4**  
**EVOLUCIÓN DE LOS KILÓMETROS DE RED**  
**DE TRANSPORTE PÚBLICO EN MADRID**  
**Y BARCELONA**



Todos los coeficientes se estiman con un elevado nivel de precisión, a excepción de la tarifa para Barcelona, y coinciden con los valores más usuales hallados en la literatura (11). La elasticidad respecto a la calidad de servicio, medida de acuerdo con los kilómetros de red, se sitúa alrededor de 0,4 mientras que respecto al precio la demanda se muestra más sensible en Madrid que en Barcelona. Una posible explicación de este último resulta-

do, aparentemente sorprendente, es la introducción del abono de transporte en Madrid, que supuso, en primer lugar, un cambio fundamental en la composición de la demanda por títulos de viaje y, en segundo lugar, una caída significativa de la tarifa media. Así, el elevado coeficiente estimado para Madrid estaría recogiendo, además de una variación en el precio, un cambio en la estructura tarifaria. En concreto, estaría teniendo en cuenta la existencia de una tarificación integrada entre todos los medios de transporte que operan en el área. Los individuos se muestran sensibles no sólo al precio, sino también a los beneficios derivados de la integración tarifaria en términos de tiempo y comodidad. Para captar de manera correcta la respuesta de los individuos a cambios en la estructura de los títulos de transporte, sería preciso estimar una función de demanda para cada tipo de billete o forma de pago (ver De Rus, 1990). Sin embargo, esta estimación queda fuera del alcance de este estudio. Dado que nuestro objetivo es evaluar la contribución de cada una de las variables explicativas a la variación de la demanda, consideramos que es correcto definir una única función de demanda con una tarifa calculada como una media ponderada de los distintos títulos de viaje. Sin embargo, es preciso ser cautelosos en la interpretación del coeficiente en términos de elasticidad precio.

Por último, en cuanto a la población ocupada, la demanda de transporte se muestra también más elástica en Madrid que en Barcelona. Esta diferencia puede explicarse por la mayor dispersión de los puestos de trabajo en la provincia de Barcelona en relación con la Comunidad de Madrid. El municipio de Madrid concentra un porcentaje mayor de puestos de trabajo respecto al total provincial, comparado con el de Barcelona. Por ello, un crecimiento de los puestos de trabajo a escala provincial tiene una mayor repercusión en Madrid que en Barcelona.

Una vez estimada la ecuación, se procedió a cuantificar el impacto de cada una de las variables explicativas sobre la variación de la diferencia de los pasajeros transportados en Madrid y Barcelona entre 1980 y 1998. Para ello, se sigue un procedimiento, inspirado en las aproximaciones de Oaxaca (1973) y Blinder (1973), para analizar cuestiones relativas a discriminación salarial. Sea  $Y_i$  los pasajeros transportados en la ciudad «i» y  $X_i$  el conjunto de variables explicativas. Prescindiendo de la perturbación aleatoria, la ecuación de demanda puede expresarse como:

$$Y_1 = \beta_1 X_1$$

$$Y_2 = \beta_2 X_2$$

CUADRO N.º 4

CARACTERIZACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO EN MADRID Y BARCELONA EN 1998

	<i>Madrid</i>	<i>Barcelona</i>
<b>KILÓMETROS DE RED</b>		
Metro .....	125,4	80,5
Autobús (ida más vuelta) .....	2.810,4	1.447,6
<b>KILÓMETROS RECORRIDOS (miles)</b>		
Metro .....	98.159	57.158
Autobús .....	100.384	36.219
<b>KILÓMETROS DE RED POR 1.000 HABITANTES</b>		
Autobús .....	0,97	0,70
<b>KILÓMETROS RECORRIDOS POR 1.000 HABITANTES</b>		
Metro .....	34,06	26,58
Autobús .....	34,84	20,24
<b>TARIFA MEDIA</b>		
Metro .....	56,71	69,14
Autobús .....	54,84	71,99
<b>PASAJEROS TRANSPORTADOS (miles)</b>		
Metro .....	437.007	280.900
Autobús .....	553.495	200.400
<b>VIAJEROS POR KILÓMETRO RECORRIDO</b>		
Metro .....	4,45	4,91
Autobús .....	5,51	5,53
<b>VIAJEROS POR HABITANTE</b>		
Metro .....	151,7	130,7
Autobús .....	192,1	112,0
OCUPACIÓN (miles) .....	1.812	1.728

Fuente: Informes anuales de Transports Municipals de Barcelona, Empresa Municipal de Transportes de Madrid y Memoria de Metro de Madrid.

donde  $i = 1$  hace referencia a Madrid e  $i = 2$  a Barcelona

Siendo la diferencia:

$$Y_1 - Y_2 = \beta_1 X_1 - \beta_2 X_2 = \beta_1 X_1 - \beta_1 X_2 + \beta_1 X_2 - \beta_2 X_2$$

$$Y_1 - Y_2 = \beta_1 (X_1 - X_2) + X_2 (\beta_1 - \beta_2)$$

De forma que la variación de la diferencia puede expresarse como la suma de la diferencia explicada por el distinto comportamiento de las variables más la diferencia explicada por la diferencia de coeficientes:

$$d(Y_1 - Y_2) = \beta_1 (dX_1 - dX_2) + dX_2 (\beta_1 - \beta_2)$$

El cuadro n.º 6 refleja el valor observado para los pasajeros transportados y las distintas variables explicativas en 1980 y 1998, así como la variación de la diferencia entre las dos ciudades entre el año inicial y el final.

De acuerdo con los valores observados de las variables y los coeficientes estimados la contribución de cada uno de los factores explicativos a la pérdida de viajeros de Barcelona respecto a Madrid es la siguiente:

	<i>Porcentaje</i>
Variación de precios .....	+43,8
Variación de los km de red .....	+64,2
Variación de la ocupación .....	+14,7
Diferencia de coeficientes .....	-29,2
Otros factores .....	+ 6,5

Estos porcentajes muestran el impacto sobre el diferencial de demanda de las distintas políticas seguidas en los dos ámbitos urbanos. En el caso de Madrid, la creación del Consorcio Regional de Transportes (12) favoreció la integración de los dis-

CUADRO N.º 5

**RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DE LA ECUACIÓN DE DEMANDA**  
Variable dependiente: logaritmo del número de pasajeros en transporte público

	Coeficiente	Estadístico-t
C <sub>Madrid</sub> .....	9,25	
C <sub>Barcelona</sub> .....	9,07	
Log (red) .....	0,402	8,87
Log (tarifa <sub>mad</sub> ) .....	-0,356	-9,77
Log (tarifa <sub>bcn</sub> ) .....	-0,111	-2,41
Log (ocupación <sub>mad</sub> ) .....	0,369	8,98
Log (ocupación <sub>bcn</sub> ) .....	0,196	3,24
Número observaciones .....		38
R <sup>2</sup> .....		0,99
E.S. ....		0,0164
D.W. ....		1,47

CUADRO N.º 6

**VARIACIÓN DE LOS PASAJEROS TRANSPORTADOS Y VARIABLES EXPLICATIVAS**

	MADRID		BARCELONA		VARIACIÓN DE LA DIFERENCIA
	1980	1998	1980	1998	
Pasajeros (miles) .....	838.014	990.502	533.300	481.300	+204.487
Precio (pesetas) .....	50,23	55,67	45,50	70,28	-19,35
Km de red .....	2.382	2.936	1.907	1.528	+933
Ocupación (miles) .....	1.386	1.811	1.473	1.729	+169

tintos medios de transporte que operan en el área, principalmente a través de la creación de un sistema de tarifas integradas que supuso además una clara disminución del precio medio. El cambio en el diferencial de precios entre las dos ciudades explica casi un 44 por 100 de la variación en la diferencia de pasajeros. En segundo lugar, el crecimiento de la red de metro, junto con la continuidad en el crecimiento de la red de autobús, explica más de un 64 por 100 del comportamiento diferencial de la demanda. Prácticamente toda la literatura sobre función de demanda coincide en poner de manifiesto una mayor sensibilidad de la demanda frente a variaciones de la calidad que frente a las del precio. El mantenimiento de una red de transporte público que ofrezca una elevada accesibilidad desde y hacia todos los puntos del territorio parece ser una variable clave. Ello es tanto más cierto en la medida en que se facilitan los intercambios a través de la integración entre medios de transporte y

operadores. En tercer lugar, se observa que la variación del número de personas ocupadas tiene una importancia menor como factor explicativo. Por otro lado, la menor elasticidad de la demanda en Barcelona ha contribuido en un 29 por 100 a reducir el diferencial de pasajeros entre las dos ciudades.

### III. REPARTO MODAL Y ELASTICIDAD DE LA DEMANDA

En el anterior apartado, se ha puesto de manifiesto la posibilidad de actuar sobre la demanda de transporte público a partir de unas políticas que favorezcan su uso. No obstante, el principal problema al que se enfrenta la política de transporte no es tanto el aumento de pasajeros en transporte público como el conseguir un reparto más eficiente entre transporte público y transporte privado. En

efecto, tal como se ha apuntado en la introducción, en la mayoría de ciudades europeas se constata un peso excesivo del transporte privado frente al público, derivado del hecho de que los usuarios del transporte privado no pagan todos los costes que ocasionan. Resulta por lo tanto preciso conocer qué cambios en los atributos de los medios de transporte son necesarios para conseguir un trasvase de usuarios.

Los modelos de elección discreta estimados a partir de datos desagregados constituyen un buen instrumento para estimar las evaluaciones individuales de los distintos atributos de los medios de transporte. En estos modelos, la variable endógena recoge la probabilidad de que un individuo elija una determinada alternativa de transporte en función de un conjunto de variables explicativas que incluyen, por un lado, los atributos de los medios de transporte y, por el otro, las características socioeconómicas del individuo (13). La mayor parte de los modelos de elección discreta estimados observan una muestra de individuos que se enfrentan a la elección entre medios de transporte alternativos bajo la hipótesis de que el número total de viajes se mantiene fijo (14). Las elasticidades calculadas a partir de estos modelos se conocen como elasticidades de reparto modal, y reflejan el efecto que un cambio en un atributo tiene sobre la cuota de mercado del modo correspondiente, y no sobre el conjunto de la demanda de éste. El valor de las elasticidades modales es inferior al de las elasticidades ordinarias, dado que no recoge la posibilidad de generación o supresión de viajes (15). A continuación, se presenta una revisión de la literatura en relación con las elasticidades modales en áreas urbanas y una estimación para los viajes desde la periferia de la Región Metropolitana de Barcelona (RMB) y con destino al centro de ésta.

El cuadro n.º 7 muestra una recopilación de la evidencia empírica disponible sobre los valores de las elasticidades de elección modal relativas a desplazamientos realizados en el interior de distintas áreas urbanas. Si bien pueden producirse diferencias significativas debido a las especificaciones empleadas y al marco geográfico o temporal en el cual se estiman los modelos desagregados de elección discreta, las elasticidades recogidas en este cuadro permiten extraer una serie de conclusiones sobre los valores relativos de las mismas, y por lo tanto de los efectos sobre el reparto modal de distintas políticas. Es preciso señalar los bajos valores obtenidos en el trabajo de Madan y Groenhout (1987) que en algunos casos se apartan del resto de estimaciones. Se distingue entre automóvil privado, autobús y tren; sin embargo, algunos

estudios hacen referencia al transporte público sin especificar qué medios incluyen.

La principal característica de la demanda de los distintos medios es su elevada rigidez. No obstante, en la práctica totalidad de los casos los valores estimados son estadísticamente distintos de cero y, por lo tanto, es factible conseguir un trasvase de usuarios a partir de las políticas adecuadas. En el caso de las elasticidades respecto al coste monetario a que da lugar la realización del viaje, tanto las elasticidades directas como las cruzadas muestran valores muy reducidos en términos absolutos. Es decir, las políticas que traten de modificar la cuota de mercado mediante cambios en los precios tendrán poco éxito, salvo que dichos cambios sean de gran magnitud.

Las demandas de todos los medios son más elásticas respecto a los distintos tipos de tiempos relacionados con el desplazamiento que reflejan la calidad de la oferta. En cuanto al tiempo propiamente de viaje, los usuarios del transporte público se muestran más sensibles que los usuarios del vehículo privado a las variaciones del mismo. Por otro lado, la demanda en transporte público es, sobre todo, sensible al tiempo de espera y a la necesidad de realizar transbordos. En este caso, la elasticidad oscila entre  $-0,25$  y  $-0,74$  —exceptuando la estimación de Madan y Groenhout (1987)— y refleja las principales desventajas del transporte público frente al privado en las ciudades. Así, por ejemplo, la penalización a que da lugar la obligación de esperar al transporte público en la parada de autobús o estación de ferrocarril en que se inicia el viaje es claramente mayor en el primer caso, probablemente debido a las diferentes condiciones de comodidad y exposición climatológica en las que se desarrolla dicha espera.

Entre los factores que influyen sobre las diferencias en las elasticidades que se obtienen en cada caso, hay que hacer referencia a los motivos del viaje, al horario de éste y al periodo temporal respecto al cual se consideran los posibles cambios en la demanda. Así, la capacidad que posee el consumidor de modificar su elección modal a corto plazo en desplazamientos domicilio-trabajo realizados en hora punta es mucho menor que en el caso de viajes con motivo ocio, en los que se tienen en cuenta cambios que pueden producirse a largo plazo, como la compra de un vehículo o la modificación del lugar de residencia.

El cálculo de las elasticidades en contextos en los que se produce una intensa modificación del entorno en el que se realiza el viaje tiene un par-

CUADRO N.º 7

## ELASTICIDADES DE ELECCIÓN MODAL

	Automóvil particular	Autobús	Tren	Transporte público
Coste monetario automóvil .....	-0,04 (a) -0,11 (b) -0,17 (d) -0,09 (e)	0,17 (e)	0,18 (e)	0,07 (a) 0,23 (b)
Tarifa autobús .....	<0,01 (c) 0,04 (e)	-0,06 (c) -0,15 (e)	0,02 (e)	
Tarifa tren .....	0,05 (e)	0,02 (e)	-0,19 (e)	
Tarifas transporte público .....	0,06 (a) 0,07 (b)			-0,10 (a) -0,15 (b)
Tiempo viaje automóvil .....	-0,11 (a) -0,08 (b) -0,04 (c) -0,28 (d)	0,02 (c)		0,31 (a) 0,16 (b)
Tiempo viaje autobús .....	0,03 (c)	-0,77 (c) -0,34 (d)		
Tiempo de viaje tren .....			-0,19 (d)	
Tiempo viaje transporte público .....	0,06 (a) 0,18 (b)			-0,11 (a) -0,35 (b)
Tiempo espera autobús .....	0,03 (c)	-0,74 (c) -0,50 (d)		
Tiempo de espera tren .....			-0,27 (d)	
Tiempo espera transporte público .....	0,04 (a)			-0,08 (a)
Espera transbordo autobús .....		-0,50 (d)		
Espera transbordo tren .....			-0,27 (d)	
Espera 1.º transbordo transporte público .....				-0,25 (b)
Espera 2.º transbordo transporte público .....				-0,69 (b)

## Fuentes de los datos:

- (a) Sidney 1981 (MADAN y GROENHOUT, 1987)  
 (b) Barcelona 1986 (MATAS, 1991)  
 (c) Karachi (THOBANI, 1984)  
 (d) París 1976 (GAUDRY, 1985)  
 (e) Sidney 1996 (TAPLIN *et al.*, 1999)

particular interés. Así, dado el proceso de suburbanización residencial al que se ha hecho referencia en el apartado I de este trabajo, han aumentado de forma notable los desplazamientos domicilio-trabajo que se originan en la periferia de las áreas metropolitanas y tienen como destino el núcleo de éstas. Si bien la simultánea descentralización de lugares de empleo fuera de los núcleos congestionados de las mismas áreas da lugar a un incremento aún más intenso de los desplazamientos de carácter transversal, la congestión generada en los accesos a los centros urbanos, donde todavía se localiza una gran parte de los empleos, otorga un particular interés al análisis de las posibles políticas que puedan modificar el actual reparto modal para hacerlo más favorable al transporte público. El cuadro n.º 8

muestra las elasticidades de demanda correspondientes a desplazamientos domicilio-trabajo originados en el la periferia de la Región Metropolitana de Barcelona (RMB) y con destino en los ocho municipios del centro de ésta con mayor densidad de empleos (16). Estas elasticidades se derivan de la estimación de un modelo desagregado de reparto modal a partir de una submuestra de la Encuesta de Movilidad Cotidiana de 1996 (Asensio, 1999). El modelo estimado es un *logit* anidado (17) que contempla tres alternativas de transporte: vehículo privado, autobús interurbano y ferrocarril. La estructura de elección empleada supone que el individuo elige en primer lugar entre transporte privado y público, y sólo en el caso en el que escoja este último debe elegir entre autobús y ferrocarril. Cada obser-

CUADRO N.º 8

## ELASTICIDADES DE ELECCIÓN MODAL. BARCELONA 1996

	VARIACIÓN EN LA PROBABILIDAD DE ELECCIÓN DE		
	Vehículo privado	Autobús	Ferrocarril
RESPECTO A UN INCREMENTO EN:			
Coste - vehículo privado .....	-0,09	0,08	0,19
Coste - autobús.....	0,01	-0,21	0,05
Coste - tren .....	0,02	0,11	-0,09
Tiempo de viaje - vehículo privado .....	-0,27	0,30	0,54
Tiempo de viaje - autobús.....	0,02	-0,50	0,12
Tiempo de viaje - tren .....	0,07	0,21	-0,24
Distancia transbordo - autobús .....	0,01	-0,16	0,04
Distancia transbordo - ferrocarril.....	0,03	0,21	-0,15
Tiempo espera transbordo - autobús .....	0,01	-0,13	0,03
Tiempo espera transbordo - ferrocarril .....	0,02	0,09	-0,08
Distancia de acceso - autobús .....	0,01	-0,16	0,04
Distancia de acceso -ferrocarril .....	0,04	0,17	-0,16
Distancia a destino - autobús .....	0,01	-0,20	0,05
Distancia a destino - ferrocarril .....	0,03	0,14	-0,12
Frecuencia - autobús .....	-0,01	0,09	-0,02
Frecuencia - ferrocarril .....	-0,04	-0,17	0,14
Distancia total de viaje .....	0,04	-1,07	0,26

vacación corresponde a un viaje efectuado desde un municipio perteneciente a la periferia metropolitana, el destino del cual se encuentra en la zona definida como núcleo de aquélla.

Al igual que en los casos comentados previamente, las elasticidades del cuadro n.º 8 muestran una elevada rigidez de las demandas de todos los modos. Los valores de las mismas no son, sin embargo, nulos, lo cual permite ser optimistas respecto a las posibilidades de lograr un reparto modal más favorable para el transporte público mediante la aplicación de políticas de transporte integradas que incidan de forma simultánea sobre los atributos de varios medios.

De nuevo, la demanda se muestra más elástica respecto al tiempo de viaje que respecto al coste de éste. Los resultados obtenidos revelan que las mejoras en los tiempos de viaje lograrán una mayor disminución en la cuota de mercado del automóvil privado que reducciones equivalentes en las tarifas. Sin embargo, los valores de dichas elasticidades son considerablemente bajos. Los mayores desplazamientos de usuarios desde el transporte privado hacia el público no se producirían como resultado de mejoras en este último, sino a causa del

empeoramientos en la congestión de las rutas empleadas por los vehículos privados. De forma equivalente, la mejora en dichas condiciones de viaje gracias a la apertura de nuevas vías de acceso al centro del área metropolitana genera trasvases de usuarios desde el transporte público hacia el privado. El caso de Barcelona proporciona un claro ejemplo de la importancia de esta relación, cuando, tras la apertura en 1992 de las rondas de circunvalación, se produjo una mejora en los tiempos de viaje en transporte privado que dio lugar a una notable disminución en la demanda de transporte público ferroviario en determinadas líneas.

A diferencia de lo que resulta habitual en la estimación de modelos con datos individuales, la disponibilidad de información detallada sobre los desplazamientos permite en este caso descomponer la desutilidad generada por la necesidad de transbordar en dos elementos: el tiempo que el individuo dedica a la espera para acceder al medio al cual transborda y la distancia que recorre al realizar el transbordo. Debido a la presencia de ambas variables en la especificación del modelo, el valor obtenido para la elasticidad respecto al tiempo de espera en transbordo es, en valor absoluto, sensiblemente inferior al presentado en el cuadro n.º 7,

donde dicha variable es la única relacionada con el transbordo, y por ello capta efectos adicionales al tiempo de espera. Los resultados del cuadro n.º 8 muestran que, tanto en el caso del autobús como en el del ferrocarril, la desutilidad a que da lugar el incremento de la distancia recorrida para transbordar es superior a la que se deriva de mayores tiempos de espera. Por ello, las políticas de transporte que busquen incrementar la integración de las distintas redes deberían enfocarse hacia la reducción de dichas distancias antes que a incrementar las frecuencias de los servicios de transporte público.

Tanto la distancia de acceso al transporte público desde el lugar de residencia en el que se origina el viaje como la distancia total recorrida entre el domicilio y el lugar de trabajo son variables muy relacionadas con el proceso de suburbanización residencial al que se ha hecho referencia anteriormente. Dos características del mismo son el continuo incremento de las distancias a las cuales se produce la migración desde el núcleo metropolitano (Serra, 1998) y la demanda por parte de los migrantes de menores densidades residenciales, lo cual da lugar a una menor accesibilidad a las redes de transporte público existentes. Por ello, las elasticidades de la demanda de transporte público tanto respecto a la distancia de acceso como a la distancia total recorrida pueden servir como orientación para determinar los efectos que cabe esperar de una mayor suburbanización. El incremento de la distancia total del viaje da lugar a una pérdida más que proporcional de la cuota de mercado del autobús interurbano, de la cual se beneficia principalmente el ferrocarril. El aumento de las distancias de acceso a las paradas de autobús o estaciones de ferrocarril desde el domicilio provoca efectos sustitución entre ambos modos de transporte público. Si la mayor dispersión residencial afecta a la accesibilidad a ambos modos, el único modo que puede resultar beneficiado es el vehículo particular.

Las elasticidades cruzadas de la demanda de transporte público respecto a los costes y los tiempos de viaje del coche muestran un mayor grado de sustituibilidad del vehículo privado respecto al ferrocarril que al autobús. Tanto si se trata de las distancias de acceso, de las distancias que deban recorrerse hasta el destino final, de las frecuencias iniciales de paso, de los tiempos de espera en transbordos o de las distancias recorridas en éstos, los efectos de cambios en los atributos correspondientes al autobús sobre la demanda de transporte privado son prácticamente nulos.

Otro tipo de evidencia de los efectos de distintas políticas sobre el reparto modal puede obtenerse a través de los modelos de simulación, los cuales permiten observar las consecuencias de aplicar varias políticas simultáneamente. En estos modelos, el funcionamiento del conjunto del sistema de transporte se representa en términos de demanda generada entre las distintas zonas en que se divide el área de análisis, por lo que el grado de detalle con el que se logre dicha representación depende del nivel de agregación empleado en la delimitación de aquéllas. Dentro del IV Programa Marco de la UE, se ha desarrollado el proyecto Optima, consistente en el uso de modelos de simulación, previamente calibrados y utilizados en distintas ciudades europeas, para observar los efectos conjuntos de varias medidas de política de transporte urbano sobre el reparto modal (ITS, 1997). Las áreas urbanas incluidas en el estudio son Edimburgo y la conurbación de Merseyside en el Reino Unido, Viena y Eisenstadt en Austria, Turín y Salerno en Italia, Oslo y Tromsø en Noruega y Helsinki en Finlandia. Uno de los objetivos del proyecto era la determinación de los conjuntos de medidas que cabría considerar óptimos tanto en términos de eficiencia económica como de sostenibilidad. Para ello, se definieron sendas funciones que cuantificaran el grado en que el sistema de transportes de cada ciudad alcanzaba objetivos como el ahorro de recursos, el incremento de la accesibilidad o la eficiencia del conjunto del sistema. La función de sostenibilidad se distingue de la de eficiencia económica en el hecho de que otorga una mayor valoración a los recursos energéticos agotables y en la inclusión de los intereses de las generaciones futuras. Empleando los modelos de las distintas ciudades, se simuló los efectos de distintos tipos de paquetes de medidas hasta maximizar los valores de cada una de las funciones objetivo. El cuadro número 9 muestra los cambios en las cuotas de mercado de cada medio a los que daría lugar la aplicación de los paquetes de medidas considerados óptimos en términos de eficiencia económica.

El mayor porcentaje de desplazamiento de la demanda en favor del transporte público tiene lugar en Edimburgo, donde la cuota de éste aumenta en 11 puntos. Este cambio, sin embargo, es el resultado de políticas de transporte muy agresivas, como la mejora de las frecuencias del transporte público en un 85 por 100, la reducción de sus tarifas en un 60 por 100 y la imposición de un peaje urbano equivalente a 1,6 euros por acceder al centro del área urbana. Adicionalmente, la capacidad de la red viaria urbana se incrementa en un 20 por 100. En el resto de las ciudades incluidas en el pro-

CUADRO N.º 9

## EFECTOS DE LAS POLÍTICAS DEL PROYECTO OPTIMA

Medidas	Edimburgo	Turín	Viena	Oslo	Eisenstadt	Tromso	Helsinki	Salerno	Merseyside (g)
Infraestructuras (a) .....	sí	no	no	no	—	—	no	no	sí
Capacidad viaria (b) (porcentaje) .....	+20	+10	+10	+20	+10	+20	+20	+10	+5
Frecuencia transporte público (c)									
(porcentaje).....	+85	—	+100	-26	+100	-35	-30	0	—
hora punta (porcentaje).....	—	—	—	—	—	—	—	—	+60
hora valle (porcentaje) .....	—	—	—	—	—	—	—	—	-30
Peaje urbano (d) .....	1,6	—	—	1,2	0	0	0	0	—
Costes parking (e) (porcentaje) .....	—	+500	+226	-100	+149	0	-100	+500	—
Tarifas transporte público (f)									
(porcentaje).....	-60	-25	+31	-70	-100	-50	+25	-25	-100
REPARTO MODAL SIN CAMBIOS EN LA POLÍTICA DE TRANSPORTE									
Coche (porcentaje) .....	63	57	39	68	45	73	49	57	62
Transporte público (porcentaje) .....	37	43	34	22	3	11	30	43	15
Otros (porcentaje).....	—	—	27	10	52	16	21	—	23
REPARTO MODAL TRAS LA APLICACIÓN DEL CONJUNTO DE POLÍTICAS									
Coche (porcentaje) .....	52	50	35	67	41	72	52	50	59
Transporte público (porcentaje) .....	48	50	39	24	8	12	25	50	22
Otros (porcentaje).....	—	—	27	9	51	16	22	—	19

Notas: (a) Diversas inversiones en infraestructuras, como construcción de nuevas carreteras, líneas de ferrocarril y metro ligero, *park & ride* y peatonalización. (b) Medidas de gestión del tráfico que puedan incrementar la capacidad de la red, sin inversiones en nuevas rutas. (c) Variación de la frecuencia del transporte público. (d) Peaje urbano por acceder al centro urbano, en euros. (e) Variación de los costes de aparcamiento en el centro urbano. (f) Variación en las tarifas del transporte público en el conjunto de la ciudad. (g) Para Merseyside, únicamente se incluye una medida adicional, consistente en la transformación de los costes de aparcamiento a largo plazo en costes a corto, con un incremento del 44 por 100.

Fuente: ITS (1997).

yecto, a pesar de plantearse paquetes de medidas de una intensidad similar, el reparto modal es mucho más estable.

#### IV. CONCLUSIONES

El objetivo de este artículo ha sido determinar las líneas que deberían seguir las distintas políticas que afectan al sector del transporte para dar lugar a un reparto de la movilidad urbana más favorable al transporte público. Las conclusiones que se exponen a continuación se derivan de los resultados obtenidos en la estimación del modelo de demanda de transporte en las ciudades de Madrid y Barcelona, así como de la revisión y estimación de los valores de las elasticidades de reparto modal.

Cualquier política de transporte en un entorno metropolitano debe tener muy presentes los cambios que tienen lugar en la forma urbana. El progresivo incremento de las distancias recorridas da lu-

gar, de forma prácticamente obligada, a una mayor proporción de viajes en modos mecanizados. Por otro lado, la mayor dispersión territorial de la población que resulta de la suburbanización residencial y la localización de los empleos fuera de los núcleos urbanos tradicionales provoca una pérdida de competitividad del transporte público. Por ello, toda política de apoyo al transporte colectivo debe pasar por actuaciones de política territorial que garanticen que los fenómenos de cambio en la forma urbana no dan lugar a una menor accesibilidad a las redes de transporte público. Sin mejoras en este sentido, el transporte público no puede satisfacer de forma competitiva las demandas de transporte que se generan en un entorno con densidades residenciales cada vez más bajas y lugares de trabajo más dispersos.

El diseño de políticas específicas que modifiquen las características de los distintos medios de transporte debe realizarse teniendo en cuenta la elevada rigidez de la demanda cuando se trata de

generar un cambio modal. Por ello, dichas políticas deben integrar medidas que afecten simultáneamente a diversos atributos de los medios, actuando siempre en la misma dirección. Las mejoras en las redes que permitan una mayor extensión de éstas, así como actuaciones que disminuyan los inconvenientes que se derivan de la realización de transbordos, deberían constituir la primera gran área de las políticas de promoción del transporte público en zonas urbanas. La integración tarifaria también genera efectos positivos sobre la demanda. La comparación de la situación en Madrid y Barcelona resulta suficientemente ilustrativa sobre las ventajas de disponer de un sistema tarifario integrado entre los distintos medios de transporte. Por último, la coordinación de la información que recibe el usuario sobre el conjunto de la red de transporte constituye un tipo de mejora cuyos efectos, si bien son difícilmente cuantificables, no deben ser infravalorados.

Sin embargo, la integración de las políticas de transporte público será mucho más eficaz si viene acompañada de políticas que obliguen a los usuarios del transporte privado a internalizar los costes que generan. Un sistema de precios más eficiente que el existente en la actualidad, de forma que el usuario del automóvil haga frente a un precio que recoja fielmente los costes marginales sociales que genera y que, por lo tanto, grave el uso en mayor medida que la posesión, constituye un paso necesario para lograr un reparto modal más eficiente. Medidas de este tipo, posiblemente en forma de peajes urbanos, podrían generar importantes desplazamientos modales de la demanda, pero su ausencia no resta importancia a las posibilidades de actuación mediante las políticas de transporte público mencionadas previamente.

## NOTAS

(1) CHESHIRE y HAY (1989) aplican una definición de *región urbana funcional* a un amplio conjunto de ciudades europeas, incluidas 19 españolas. Sin embargo, la ausencia de datos sobre movilidad intermunicipal les obliga, en el caso español, a emplear una definición aproximada de los ámbitos que idealmente corresponderían al núcleo y a la periferia metropolitanas.

(2) Sobre la importancia del *cross commuting*, o del exceso de *commuting* respecto a la demanda mínima que la forma urbana exige, véase HAMILTON (1982), WHITE (1988), FROST *et al.* (1998) y VAN DER LAAN *et al.* (1997).

(3) Las definiciones de área urbana empleadas en este cuadro siguen, en general, el concepto de municipio. No obstante, dado que este concepto tiene carices distintos en cada país y/o ciudad, ello puede distorsionar las comparaciones. Por ejemplo, el caso de Londres se corresponde con una serie de *boroughs* del centro que no equivale a toda la ciudad.

(4) En algunas ciudades, la bicicleta juega un papel muy importante como medio de desplazamiento. Tal es el caso de Amsterdam, donde llega a suponer un 28 por 100 del total de desplazamientos y,

en menor medida, Munich y Nuremberg, con un 14 y un 10 por 100 respectivamente.

(5) Es preciso hacer constar que a partir de 1987 el Consorcio Regional de Transportes de Madrid crea el abono de transporte. Dicho abono se extiende de forma gradual hacia todos los medios de transporte que operan en el área, y abarca una parte creciente del territorio. A su vez, se amplía el número de modalidades de abono para distintos colectivos. Las ventajas económicas y la comodidad que el abono ofrece ha dado lugar a un desplazamiento de la demanda desde el billete sencillo y tarjeta multiviaje hacia este título. Dado que los individuos poseedores de abono pueden realizar un número de viajes ilimitado, es posible que las cifras de número de pasajeros resulten hasta cierto punto distorsionadas por la necesidad de imputar un número de viajes a cada medio de transporte por cada abono vendido. Sin embargo, entendemos que tales distorsiones no modifican esencialmente el análisis que aquí se presenta.

(6) Obviamente, la demanda en transporte público depende también de la calidad de la oferta de transporte privado, en términos básicamente de tiempo de viaje. Sin embargo, dicha variable es de muy difícil medición y no ha podido ser incluida en el análisis.

(7) La tarifa media se ha calculado para cada medio de transporte ponderando el precio de cada tipo de billete por el número de usuarios. Dentro de un mismo año, el precio de cada título se ha calculado ponderado éste por el número de meses que estuvo vigente, y se ha deflactado por el IPC.

(8) Los modelos de demanda directa se caracterizan por incluir en una única ecuación las distintas etapas relevantes en demanda de transporte: generación del viaje, elección del destino y elección del medio de transporte. Este modelo ha sido ampliamente utilizado, sobre todo a nivel de empresas de transporte, con la finalidad de estimar las elasticidades de la demanda respecto a las variables explicativas, así como a efectos de predicción. Ver, por ejemplo, WEBSTER y BLAY (1980), WARDMAN (1994) y DE RUS (1990).

(9) Es frecuente utilizar la variable vehículos/km recorridos como variable expresiva de la calidad de servicio. Sin embargo, dicha variable adolece de problemas de no exogeneidad dado que la oferta tiende a variar de acuerdo con la demanda. Por ello, se ha considerado preferible utilizar los kilómetros de red, variable que responde más a la política de transporte que a variaciones coyunturales de la demanda. Además, en el periodo muestral disponible esta variable presenta un nivel de variación suficiente.

(10) Los datos utilizados son los de las series provinciales revisadas por MAS, PÉREZ, URIEL y SERRANO (1995).

(11) DE RUS (1990) aporta valores para la elasticidad precio del autobús que oscilan entre  $-0,16$  y  $-0,44$  para un conjunto de ciudades españolas de tamaño medio.

(12) El Consorcio Regional de Transportes se creó en 1985 con la participación de la Comunidad de Madrid y los ayuntamientos. Desde su creación, el número de municipios adheridos ha ido aumentando de manera continuada, y hoy en día agrupa prácticamente a todos los ayuntamientos de la Comunidad.

(13) Para una explicación de estos modelos, ver el artículo de MARTÍN y ROMÁN (1999) en este mismo volumen.

(14) Al estimar este tipo de modelos, no es imprescindible realizar el supuesto de que la demanda total de transporte se mantenga fija, pero la ausencia de datos sobre individuos que no se desplazan, y que por lo tanto no optan por ningún medio, obliga habitualmente a incorporar dicho supuesto.

(15) Para una relación entre elasticidad ordinaria y elasticidad modal, ver TAPLIN (1982).

(16) El núcleo de la Región Metropolitana de Barcelona se define, de acuerdo con el criterio de región urbana funcional empleado por CHESHIRE y HAY (1989), sobre datos municipales de 1991. Resulta así un núcleo formado por ocho municipios: Barcelona, Badalona, l'Hospitalet, Santa Coloma de Gramanet, Sant Adrià de Besòs, Esplugues de Llobregat, Cornellà de Llobregat y Sant Joan Despí. Como periferia se consideran los otros 155 municipios de la RMB.

(17) A diferencia del modelo *logit* multinomial, el *logit* anidado permite analizar elecciones entre más de un par de alternativas sin que las probabilidades estimadas estén sometidas a la restrictiva pro-

riedad de independencia de alternativas irrelevantes. Así, la consideración del procedimiento de elección en diversas etapas no obliga a que la inclusión de alternativas adicionales mantenga la proporción entre las probabilidades de todos los pares de alternativas previamente existentes. Para una discusión de los distintos modelos de elección disponibles para el análisis de la elección discreta, véase BEN AKIVA y LERMAN (1985).

## BIBLIOGRAFÍA

- ASENSIO, J. (1999), *Cambios en la forma urbana y demanda de transporte*, tesis doctoral pendiente de lectura, Universitat Autònoma de Barcelona.
- BEN AKIVA, M., y LERMAN, S. R. (1985), *Discrete choice analysis. Theory and application to travel demand*, MIT Press, Cambridge.
- BLINDER, A. (1973), «Wage discrimination: Reduced form and structural estimates», *Journal of Human Resources*, vol. 18, n.º 4.
- CLUSA, J., y ROCA, J. (1997), «El canvi d'escala de la ciutat metropolitana de Barcelona», *Revista Econòmica de Catalunya*, 33, páginas 44-53.
- CONSORCIO REGIONAL DE TRANSPORTES DE MADRID, CRTM (1999), *Madrid: a BET on Public Transport*, Madrid.
- CHESHIRE, P. C., y HAY, D. G. (1989), *Urban problems in Western Europe. An economic analysis*, Unwin Hyman, Londres.
- DE RUS (1990), «Public transport demand elasticities in Spain», *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 24, n.º 2, páginas 189-201.
- EMPRESA MUNICIPAL DE TRANSPORTES DE MADRID, *Informe anual*, varios años.
- FROST, M.; LINNEKER, B., y SPENCE, N. (1998), «Excess or wasteful commuting in a selection of British cities», *Transportation Research A*, vol. 32, n.º 7, págs. 529-538.
- GAUDRY, M. (1985), *Modèles de demande agrégés et désagrégés à forme variable: résultats sur Montréal et Paris*, Centre de Recherche sur les Transports, Université de Montréal, publicación 383.
- HAMILTON, B. W. (1982), «Wasteful commuting», *Journal of Political Economy*, vol. 90, n.º 5, págs. 1035-1053.
- ITS (1997), *Project OPTIMA: Optimisation of Policies for Transport Integration in Metropolitan Areas; Final Report*, Institute for Transport Studies, University of Leeds.
- MADAN, D. B., y GROENHOUT, R. (1987), «Modelling travel mode choices for the Sydney work trip», *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 21, n.º 2, págs. 135-149.
- MARTÍN HERNÁNDEZ, J. C., y ROMÁN GARCÍA, C. (1999), «Análisis de la demanda de transporte en España», *PAPELES DE ECONOMÍA ESPAÑOLA*, n.º 82.
- MAS, M.; PÉREZ, F.; URIEL, E., y SERRANO, L. (1995), *Capital humano. Series históricas 1964-1992*, IVIE, Valencia.
- MATAS, A. (1991), «La demanda de transporte urbano: un análisis de las elasticidades y valoraciones del tiempo», *Investigaciones Económicas*, vol. 15, n.º 2, págs. 249-267.
- METRO DE MADRID, *Memoria*, varios años.
- OAXACA, R. (1973), «Sex discrimination and wages», en ASHENFELTER y REES, *Discrimination in Labour markets*, Princeton University Press.
- PUMAIN, D.; SAINT-JULIEN, T.; CATTAN, N., y ROZENBLAT, C. (1992) *Le concept statistique de la ville en Europe*, Oficina de publicaciones oficiales de las Comunidades Europeas, Luxemburgo.
- SERRA, J. (1998), «Migracions metropolitanes i desconcentració demogràfica», *Revista Econòmica de Catalunya*, n.º 33, páginas 77-88.
- SESAME (1999), *Final report for publication*, Comisión de la CE, Bruselas.
- TAPLIN, J. H. E. (1982), «Inferring ordinary elasticities from choice or mode-split elasticities», *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 16, n.º 1, págs. 55-63.
- TAPLIN, J. H. E.; HENSHER, D. A., y SMITH, B. (1999), «Preserving the symmetry of estimated commuter travel elasticities», *Transportation Research B*, vol. 33, págs. 215-232.
- THOBANI, M. (1984), «A nested logit model of travel model to work and auto ownership», *Journal of Urban Economics*, vol. 15, páginas 287-301.
- TRANSPORTS METROPOLITANS DE BARCELONA, *Informe anual*, Varios años.
- VAN DER LAAN, L.; VOGELZANG, J., y SCHALKE, R. (1997), «Commuting in multi-nodal urban systems: an empirical comparison of three alternative models», *Tijdschrift voor Economische Sociale Geografie*, vol. 89, n.º 4, págs. 384-400.
- WARDMAN, M. (1994), «Forecasting the impact of service quality changes on the demand for inter-urban rail travel», *Journal of Transport Economics and Policy*, 28, 3, págs. 287-306.
- WEBSTER, F. B., y BLAY, P. H. (eds.) (1980), *The Demand for Public Transport: Report of the International Collaborative study of the Factors Affecting Public Transport*, TRRL, Crownthorne.
- WHITE, M. J. (1988), «Urban commuting journeys are not "wasteful"», *Journal of Political Economy*, vol. 96, n.º 5, págs. 1.097-1.110.

## Resumen

En las últimas décadas, hemos asistido a cambios muy importantes en la movilidad en las áreas urbanas que se han traducido en un uso creciente y excesivo del automóvil privado. Estos cambios están relacionados con la localización de las actividades en el espacio y con el aumento del nivel de renta y del grado de motorización. Actualmente, la necesidad de cambiar el reparto modal de los viajes, aumentando el uso del transporte público en detrimento del privado, sigue siendo un objetivo prioritario de la política de transporte.

El objetivo de este artículo es determinar las líneas que deberían seguir las distintas políticas que afectan al sector transporte para dar lugar a un reparto de la movilidad urbana más favorable al transporte público. Para ello, se presenta, primero, una estimación de los factores explicativos de la diferente evolución del número de pasajeros en Madrid y Barcelona. En segundo lugar, el artículo se centra en una revisión de las elasticidades modales respecto a los distintos atributos del transporte público y privado y aporta una estimación propia de las elasticidades para los viajes con origen en la periferia de la Región Metropolitana de Barcelona y con destino al centro de ésta.

Los resultados permiten concluir que para modificar de manera significativa el reparto modal es preciso articular medidas que afecten tanto a la dispersión espacial de las actividades como a los costes y a la calidad del transporte público y privado.

*Palabras clave:* forma urbana, transporte público, elasticidades.

## Abstract

In recent decades, we have witnessed some very important changes taking place in the mobility existing in urban areas, which have led to a growing and excessive use of private cars. These changes are related to the location of the activities carried out in the area and to the increase in the level of income and in the degree of motorization. At present, the need to change the modal distribution of these trips, by increasing the use of public transportation over the private, continues to be a priority objective for the transportation policy-makers.

The purpose of this article is to determine the lines which the different policies affecting the transportation sector should follow, in order to obtain a more favorable distribution of urban mobility. In order to achieve this, an estimate is furnished first, of the factors explaining the different evolution of the number of passengers in Madrid and Barcelona. Secondly, the article concentrates on a review of the modal elasticities in regard to the different aspects of public and private transportation and it provides its own estimate of elasticities for the trips originating in the outskirts of Barcelona's Metropolitan area and directed towards the center for the city.

The results make it possible to conclude that in order to modify the modal distribution in a significant manner, it is necessary to adopt certain measures which affect both the spatial dispersion of the activities, as well as the cost and quality of public and private transportation.

*Key words:* urban form, public transportation, elasticities.

*JEL classification:* R41, L91.