

La influencia de la forma urbana en la movilidad: un estudio para el caso de Cataluña

Samuel de la Fuente i Oliva*
Departament d'Economia Aplicada
Universitat Autònoma de Barcelona
08193 Bellaterra, Barcelona
sfuente@ecap.uab.es

Resumen: En el presente trabajo analizamos las características de forma urbana que influyen en las decisiones de transporte de los trabajadores. Separamos la decisión de transporte en dos: la primera se corresponde con el nivel de tenencia de automóviles de los hogares catalanes; la segunda analiza el modo de transporte elegido para desplazarse del domicilio particular al lugar de trabajo, separando entre vehículo privado, autobús i tren. La forma urbana se describe a través de indicadores municipales, analizando aspectos de tamaño, densidad, autocontención, mercado de trabajo e infraestructuras de transporte público. Los resultados obtenidos muestran que los hogares parten de la tenencia de un vehículo, siendo sus características socioeconómicas y la forma urbana de su entorno las que influyen en la no tenencia o en la posesión de un segundo vehículo. Por lo que respecta a la elección modal, el rasgo municipal más determinante es la densidad de población, que genera un entorno hostil para el uso del automóvil. La presencia de infraestructuras de transporte público influye positivamente en su uso. Las áreas de mercado de trabajo con el empleo más centralizado favorecen el uso del autobús, siendo el uso del tren y el vehículo privado más importante en los desplazamientos intermunicipales.

Clasificación JEL: R41; R14

*
Teléfono: 93 581 45 74
Fax: 93 581 22 92

1. Introducción

En los últimos años, el fenómeno de la suburbanización, tanto de la población como del empleo ha ido creciendo, influyendo en los patrones de movilidad. La demanda de transporte ha dejado de ser exclusivamente radial con lo que el uso del vehículo privado, más flexible, crece sobre todo donde la alternativa del transporte público no responde a las necesidades de la población.

El objetivo del presente estudio es analizar los factores de forma urbana que influyen en el transporte. Abordamos el concepto de la forma urbana desde una perspectiva amplia, yendo más allá del uso del suelo, introduciendo en el análisis información sobre el mercado de trabajo y las infraestructuras de transporte. La relación entre los dos conceptos no se limita a la causalidad sino que se interrelacionan debido al comportamiento de los agentes, que en función de la accesibilidad y la localización, influyen en uno y otro ámbitos. En este caso, analizaremos cómo la situación actual de la forma urbana (uso del suelo, infraestructura, mercado de trabajo) afecta la decisión de los consumidores a la hora de determinar su demanda de transporte.

La demanda de transporte la modelamos a través de la elección del modo de transporte de los trabajadores para su desplazamiento de movilidad obligada. Descomponemos el análisis en dos estimaciones: la tenencia de automóvil por parte de los hogares y la elección modal propiamente dicha de los trabajadores condicionada a la posesión de al menos un coche por hogar. Para contrastar la hipótesis de influencia de la forma urbana en estas decisiones de transporte, utilizamos datos censales a nivel individual para Catalunya y datos municipales para las características que determinan la demanda. Los

resultados muestran que los hogares disponen en general de un vehículo y que sus características socioeconómicas y las de su entorno son las que determinan el hecho de no tener coche o tener más de uno. La demanda de transporte público es mayor en los entornos urbanos densos, ya que es donde se concentra la infraestructura de este tipo de transporte.

En la siguiente sección abordamos el estado de la literatura. En la sección 3 describimos los datos utilizados para el análisis, en la siguiente introducimos el modelo que estimamos, en la quinta exponemos y analizamos los resultados obtenidos, dejando la última para concluir.

2. La relación entre la forma urbana y la movilidad.

La ausencia de un marco teórico que explique la relación entre estos dos fenómenos es lo que caracteriza los análisis que abordan esta cuestión. Martínez (2000) explica la relación entre los conceptos de transporte y uso del suelo como una interacción entre ambos influenciada por otros dos fenómenos: la localización y la accesibilidad. El argumento teórico es que esta interacción puede ser explicada por las decisiones diarias de los individuos respecto a las actividades que quieren llevar a cabo. Esta interacción tiene pues, una doble implicación: por una parte la localización de las actividades en el territorio conlleva un cierto patrón de viajes a la vez que las decisiones de localización dependen de la disponibilidad de transporte (accesibilidad, infraestructuras, transporte público). Según Waddell (2001), la modelización integrada entre el uso del suelo y el transporte reside en la interdependencia entre cuatro procesos de decisión por parte de los hogares: la localización residencial, la localización de sus puestos de trabajo, el

número de vehículos que poseen y, en consonancia con la teoría microeconómica de asignación presupuestaria y del tiempo, las actividades a realizar, entre las cuales incluimos el transporte. El marco teórico que parece más adecuado para analizar esta relación es el de la teoría de la utilidad aleatoria (Domencich y McFadden, 1975; Ben-Akiva y Lerman, 1985) ya que permite modelar decisiones de carácter discreto, como es el caso en algunas de transporte.

El concepto de forma urbana es muy amplio y a menudo se confunde o se restringe al uso del suelo. Definiremos la forma urbana como aquellas características que nos informan de la composición y evolución de una ciudad o área metropolitana. Esto engloba características de distribución de la población y el empleo e infraestructuras que podemos separar en tres ámbitos: uso del suelo, estructura espacial y expansión urbana.

En el presente estudio nos centraremos en la influencia de la forma urbana en el transporte. Existe en la literatura un debate abierto sobre si es cierta esta influencia y, en todo caso, si se deben adoptar medidas para favorecer cierto modelo de ciudad. La clave del debate está en el consumo de energía del transporte y por tanto en si cierto patrón de ciudad puede reducir el consumo de energía per cápita. Hay dos enfoques en la literatura. El primero, denominado “New Urbanism” (Boarnet y Sarmiento, 1998; Cervero y Kockelman, 1997; Newman y Kenworthy, 1989; Cervero, 1988 y Dargay y Hanly, 2003) tiene como objetivo la reducción del consumo de energía destinado al transporte. Para conseguirlo, sus objetivos intermedios son: reducir el número de viajes motorizados, aumentar la cuota de viajes no motorizados y reducir la distancia de viaje e incrementar el nivel de ocupación de los vehículos. Como vemos, pues, se apuesta por la idea que la forma urbana influye en la movilidad y en consecuencia se proponen

políticas de urbanismo e infraestructuras que propicien un entorno favorable al transporte público y hostil para el vehículo privado. Las dos características de forma urbana que favorecen este enfoque son la densidad y el uso mixto del suelo.

El segundo enfoque, que podemos denominar como “Neo-Free Market Urbanism”, tiene como premisa dejar que el mercado determine la localización de actividad y residencia. Los partidarios de este enfoque consideran que hacer políticas de fomento de los entornos densos y del transporte público solo estaría justificado si esto respondiera a una voluntad social, pero la tendencia en las preferencias de los ciudadanos es hacia las viviendas alejadas de los centros urbanos con el consiguiente uso extensivo del suelo. Además, muestran que la aparición de nuevos subcentros residenciales y de empleo descongestiona los centros de las ciudades, de modo que tampoco parece ser tan negativo seguir los patrones que dicta el mercado. Manifiestan además que los argumentos que expone el “New urbanism” no han sido contrastados. Breheny (1995) apunta que las políticas de contención no han demostrado que provoquen una disminución del consumo de energía en transporte. A pesar de ello, Gordon y Richardson (1997) admiten que el libre mercado urbanístico genera externalidades negativas y asumen también que esto dificulta la gestión de las infraestructuras y la provisión de servicios urbanos, de modo que hay que buscar las políticas menos intervencionistas que a la vez combatan estos problemas subyacentes.

3. Los datos

Los datos utilizados en el presente estudio provienen de distintas fuentes. Los datos de los individuos y de los hogares se corresponden con los datos del Censo de Población y

Viviendas para el año 2001 que elabora el Instituto Nacional de Estadística (INE) para las provincias de Barcelona, Girona, Tarragona y Lleida. La desagregación es a nivel municipal, con lo que completamos la información con datos que recogen las características de forma urbana y dotación de infraestructuras de los municipios catalanes.

Debemos hacer varias consideraciones respecto las variables socioeconómicas que utilizaremos en nuestro modelo. Introducimos en el análisis la edad y el sexo del individuo, el número de niños y el número de ocupados en el hogar. Para capturar el efecto de la renta, utilizamos los años de estudio del individuo como *proxy*. Las variables que describen las realizaciones de transporte son el número de vehículos en el hogar y el modo de desplazamiento al lugar de trabajo. Introducimos además dos variables que tienen que ver con el desplazamiento al lugar de trabajo: el número de viajes diarios de ida y vuelta y una *dummy* que recoge los desplazamientos fuera del municipio de residencia. Finalmente, recogemos una variable que indica si el edificio de residencia es unifamiliar o no, dado que relacionamos este hecho con una mayor dependencia del automóvil.

Las demás variables explicativas se corresponden con las de infraestructura de transporte y las de forma urbana. De entre las primeras, introducimos el número de kilómetros de líneas de autobús urbano en el municipio, el número de estaciones de tren del municipio (excluidas las de metro) y la presencia de metro. Por lo que respecta a la forma urbana, tenemos variables que recogen el tamaño del municipio (número de habitantes), el uso del suelo (densidad neta de población) y el papel del mercado de

trabajo a nivel interno (autocontención²) y su interrelación con los demás municipios de su Sistema Local de Trabajo³ (Ratio centralidad de la ocupación potencial⁴).

En la tabla 1 vemos los valores medios de algunas variables que forman parte del modelo, mientras que en la tabla 2 presentamos el reparto modal según el ámbito urbano.

Tabla 1: Valores medios de las variables segmentados por zonas de análisis

Variable	Catalunya ⁵ (123937 observaciones)	RMB+GLT ⁶ (97132)	Barcelona ⁷ (29516)	Rural ⁸ (26805)
EDAD	38,02	38,02	39,51	38,01
LUGAR_L(distinto municipio)	42,78 %	43,65 %	18,81 %	39,65 %
VEHICULOS	1,21	1,15	0,86	1,44
EDIFICIO (unifamiliar)	19,58 %	14,53 %	1,97 %	37,98 %
NUMERO de NIÑOS	0,59	0,58	0,49	0,63
ADULTOS	2,45	2,44	2,36	2,48
AÑOS de ESTUDIO	9,44	9,63	10,68	8,74
SEXO	56,89 %	56,32 %	53,29 %	58,96 %
TIEMPO	22,02	23,93	26,75	15,10

Destacamos de la tabla 1 el gran porcentaje de individuos que se desplazan fuera de su municipio de residencia para ir a trabajar (a excepción del municipio de Barcelona), la

² Número de personas que residen y trabajan en el municipio

Número total de trabajadores que residen en el municipio

³ Un Sistema Local de Trabajo (SLT) es la delimitación de un mercado local de trabajo a partir de datos de viajes residencia-trabajo, de manera que delimita un área que comprende la localización de la población y la actividad (Boix y Galletto, 2006).

⁴ Ratio Centralidad de la Ocupación Potencial =
$$\frac{\text{Núm. trabajadores } j}{\frac{1}{3} * (\text{radio área } j)} \frac{1}{\sum_i \frac{\text{Núm. trabajadores}_i}{\text{distancia}_{i,j}}}$$
 siendo j el municipio central y

$\text{distancia}_{j,j}$ un tercio del radio del área del municipio central que suponemos que es circular.

⁵ 6.343.110 habitantes

⁶ RMB+GLT se refiere a los municipios de la Región Metropolitana de Barcelona (4.390.390 habitantes repartidos entre 164 municipios) más los municipios que pertenecen a los Sistemas de Locales de Trabajo de Girona (148.240 habitantes, 31 municipios), Lleida (188.457 habitantes, 58 municipios) y Tarragona (147.062 habitantes, 17 municipios), por ser las áreas que más se aproximan a la consideración de área urbana.

⁷ 1503884 habitantes.

⁸ Se considera la muestra "Rural" las observaciones no incluidas en RMB+GLT.

menor tenencia de automóviles y la menor proporción de edificios unifamiliares en los entornos urbanos y densos, el mayor nivel educativo (y por extensión, mayor renta) del municipio de Barcelona y un mayor tiempo de desplazamiento en los entornos metropolitanos.

Tabla 2: Distribución modal por zonas de análisis

Elección modal	Catalunya (123937 obs.)	RMB+GLT (97132 obs.)	Barcelona (29516 obs.)	Rural (26805 obs.)
Coche	60,93 %	57,45 %	39,30 %	73,52 %
Autobús	9,68 %	11,69 %	19,13 %	2,38 %
Tren/metro	10,43 %	13,03 %	24,70 %	1 %
A pie/bici	18,97 %	17,83 %	16,87 %	23,10 %

Como podemos observar en la tabla 2, el modo de transporte mayoritario en Catalunya es el vehículo privado, aunque con la gran excepción de la ciudad de Barcelona. El porcentaje de uso del vehículo privado está alrededor del 65% si suprimimos Barcelona de la muestra. El segundo modo de transporte a nivel general son los desplazamientos a pie o en bicicleta, aunque estos, junto con el vehículo privado, disminuyen en los entornos urbanos. El autobús y el tren son utilizados por una parte importante de la población en los entornos urbanos, en especial en Barcelona y su área metropolitana. El uso del transporte público es minoritario fuera de la Región Metropolitana de Barcelona, aunque los desplazamientos a pie son más frecuentes. Una de las razones para este resultado reside en el mayor tiempo de desplazamiento y su relación con el tamaño del municipio y la posibilidad real de desplazarse a pie.

4. Especificación del modelo

El modelo que desarrollamos debe aportarnos resultados sobre los efectos de la forma urbana en el transporte. La decisión de transporte que queremos modelar es la de

elección modal, de manera que construimos un modelo donde la variable dependiente es precisamente el modo de transporte elegido para realizar el viaje de la residencia al trabajo. Del estudio de Train (1980), sabemos que no podemos incluir el número de vehículos en el hogar en las variables explicativas de la elección modal ya que esta variable recoge el efecto de la renta y tendríamos problemas de endogeneidad. Es por ello que debemos separar las dos decisiones, de manera que estimamos un modelo probit ordenado (OP) para la elección del número de automóviles en el hogar y un logit multinomial (MNL) para la elección modal. Estimamos un OP para la tenencia de automóviles por tratarse de una elección discreta ordenada y por tanto, ser el modelo que mejor se ajusta. El uso de un MNL lleva asociado la propiedad de independencia de las alternativas irrelevantes; aunque siguiendo el análisis de Bento, et al. (2005) y teniendo en cuenta que no podemos conocer las características de las alternativas no elegidas, este es el modelo más adecuado para contrastar nuestras hipótesis.

Por lo que respecta a la muestra que es objeto de análisis, tenemos en cuenta que el MNL asigna probabilidades positivas a todas las alternativas, así que todas ellas deben ser factibles para todos los individuos. De esta manera, los individuos que entran en la muestra para la estimación de la elección modal residen en hogares con al menos un automóvil y en municipios con al menos una estación ferroviaria. Además, eliminamos la opción del desplazamiento a pie, ya que asignaríamos probabilidades positivas para este modo a individuos con un tiempo de desplazamiento superior a los 30 minutos, aspecto que parece poco probable. La muestra para la tenencia de automóviles está formada por los individuos que responden ser la “persona principal” del hogar en aquellos en los que reside como mínimo un trabajador.

4.1. Estimación OP para la tenencia de automóviles

Podemos expresar el modelo como:

$$y^* = x\beta + \varepsilon \quad \varepsilon | x \sim Normal(0,1) \quad (1)$$

donde y^* es una variable latente (no puede ser observada) que mide el grado de deseo de tenencia de automóviles, x es el conjunto de variables explicativas y ε es el término de error. Podemos descomponer x en dos subconjuntos obteniendo una expresión análoga a (1).

$$y^* = \delta'S + \gamma'F + \varepsilon \quad (2)$$

donde S son las características socioeconómicas de la persona principal del hogar. F son las características de forma urbana y dotación de infraestructuras del municipio donde se ubica el hogar. Una vez estimados los parámetros, calculamos las probabilidades asociadas a cada nivel de tenencia de automóviles. Dadas estas probabilidades, calculamos el nivel de automóviles esperado para cada hogar:

$$E[auto] = \hat{p}_0 \cdot 0 + \hat{p}_1 \cdot 1 + \hat{p}_2 \cdot 2 + \hat{p}_3 \cdot 3 \quad (3)$$

donde \hat{p}_a es la probabilidad estimada de tener a automóviles. Calculamos las elasticidades medias para cada nivel de tenencia y para la esperanza del número de automóviles.

4.2. Estimación MNL para la elección modal

Una vez estimado el modelo de tenencia de automóviles, analizamos la elección modal. De entre los individuos que residen en hogares con automóvil, analizaremos los factores que influyen en la elección del modo de transporte, separando entre coche, autobús y

tren. Podemos expresar el modelo a través del cálculo de probabilidades para cada alternativa. El individuo elegirá la alternativa que le reporte mayor utilidad, así que tenemos la siguiente expresión:

$$P_{n,j} = P(V_{n,j} + \varepsilon_{n,j} > V_{n,k} + \varepsilon_{n,k}) \quad \forall j \neq k \quad (4)$$

donde $P_{n,j}$ es la probabilidad de elección del modo de transporte j . $V_{n,j}$ es la parte observable de la utilidad del individuo n que le reporta la elección del modo de transporte j . $V_{n,j}$ incluye las mismas variables que para el análisis de la tenencia de automóviles, a las que añadimos los kilómetros de línea de autobús. Así pues, tenemos que lo que influye en la decisión de la elección modal son las características socioeconómicas del individuo y de su hogar, la dotación de infraestructuras de transporte existente en su municipio y la forma urbana de su entorno. Suponiendo que el término de error se distribuye como una función de valor extremo tipo I, tenemos un modelo logit multinomial.

5. Resultados

5.1. La tenencia de automóviles

Estimamos un OP por máxima verosimilitud, obteniendo los resultados recogidos en la tabla 3 para toda la muestra y para la RMB y los SLT de Girona, Lleida y Tarragona. Los resultados son bastante similares para las dos muestras, puesto que la segunda muestra es casi el 80% de la primera. De hecho, si tomamos la muestra “Rural”, los resultados muestran valores de los coeficientes esperables y significativos para las variables socioeconómicas pero coeficientes no significativos para los indicadores de

forma urbana, excepto para la autocontención, que toma valores negativos y significativos a mayor número de vehículos, como es de esperar.

Si nos fijamos en la tabla 3 podemos ver los coeficientes de la estimación junto con las elasticidades asociadas a cada nivel de tenencia de automóvil y al número de vehículos esperado. Por lo que respecta a las variables de control o socioeconómicas, los resultados son los esperados. En primer lugar, encontramos que la probabilidad de tener más coches aumenta con la edad, alcanzando un máximo a los 53 años. El número de menores de 16 años, el número de ocupados y el hecho de que la persona principal sea un hombre influyen positivamente en la tenencia de automóviles. Los años de estudio, que utilizamos como *proxy* de la renta, tienen también un efecto positivo en la posesión de vehículos.

Las otras tres variables socioeconómicas están más relacionadas con las decisiones de transporte, ofreciendo información complementaria a la de las variables de forma urbana. Por lo que respecta a los desplazamientos al lugar de trabajo, los desplazamientos de la persona principal a otro municipio y el hecho de hacer más de un viaje diario de ida y vuelta favorecen un mayor número de vehículos en el hogar. La residencia en un edificio unifamiliar también influye en una mayor tenencia de automóviles.

Tenencia de automóviles

	CATALUNYA						RMB+GLT					
	Coeficiente (estad. z)	Elasticidades					Coeficiente (estad. z)	Elasticidades				
		No coche	1 coche	2 coches	3 o más coches	E[coches]		No coche	1 coche	2 coches	3 o más coches	E[coches]
Edad: de la persona principal del hogar	0.0670*** (24.26)	-0.6463	-0.0837	0.4462	0.9515	0.2177	0.0611*** (19.33)	-0.5909	-0.0530	0.4532	0.9215	0.2125
(Edad)²	-0.0006*** (-20.19)						-0.0006*** (-15.98)					
Nviaje: v. dicotómica. 1=más de un viaje de ida y vuelta al trabajo	0.0665*** (7.11)						0.0459*** (4.32)					
Lug_L: v. dicotómica. 1=trabaja en un municipio distinto al de residencia	0.1915*** (18.41)						0.1840*** (15.55)					
Edif.: v. dicotómica. 1=edificio unifamiliar	0.3239*** (25.60)						0.3298*** (20.61)					
Numniñ: número de niños en el hogar	0.0582*** (10.14)						0.0713*** (10.84)					
NumOcu: número de ocupados en el hogar	0.3581*** (63.94)	-0.8924	-0.2729	0.6130	1.9148	0.3335	0.3356*** (52.80)	-0.8200	-0.2056	0.6520	1.8420	0.3248
Añoest: años de estudio del individuo	0.0423*** (37.60)	-0.7168	-0.1230	0.4391	0.9890	0.2263	0.0408*** (32.36)	-0.6764	-0.0870	0.4725	1.0041	0.2307
Sexo: v. dicotómica. 1=hombre	0.1873*** (19.40)						0.2188*** (20.05)					
Habit: número de habitantes del municipio de residencia	2.37E-09 (0.09)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-4.84E-08 (-1.63)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Estfc: estaciones ferroviarias en el municipio	-0.0336*** (-9.13)	0.1874	-0.0032	-0.1716	-0.3164	-0.0793	-0.0238*** (-5.75)	0.1418	-0.0057	-0.1381	-0.2505	-0.0622
Metro: presencia de metro en el municipio	-0.3650*** (-17.42)						-0.3460*** (-15.77)					
Ratio COP: ratio centralidad ocupación potencial del SLT del municipio de residencia	-0.0647 (-0.78)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-0.0754 (-0.62)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Dens_pmeta: densidad neta de población	-7.41E-06*** (-12.61)	0.1787	0.0048	-0.1548	-0.2986	-0.0718	-6.13E-06*** (-9.94)	0.1695	0.0001	-0.1559	-0.2929	-0.0705
Autocon: autocontención municipal	-0.1782*** (-4.77)	0.1583	0.0173	-0.1100	-0.2266	-0.0543	-0.1547*** (-3.23)	0.1286	0.0070	-0.1036	-0.2020	-0.0486
Cut 1	1.3331*** (14.09)						1.2137*** (9.67)					
Cut 2	3.0735*** (4.37)						2.9737*** (4.24)					
Cut 3	4.3672*** (45.64)						4.2356*** (33.47)					
	Observaciones: 61394 Pseudo-R ² : 0,111						Observaciones: 48189 Pseudo-R ² : 0,1047					

*** significativo al 1%, n.s. = coeficiente no significativo

Por lo que respecta a las variables de forma urbana, encontramos en general resultados esperables, a pesar de que dos de las variables sean no significativas. Lo primero que esperamos es que a mayor densidad, menor sea el número de vehículos por hogar debido a un mayor coste de uso, y esto es lo que observamos. El coeficiente no significativo para el número de habitantes se explica porque la dotación de infraestructuras de transporte público es mayor donde la población está concentrada, de manera que existen alternativas al automóvil, quedando este efecto recogido por las variables de infraestructura. El ratio centralidad de la ocupación potencial tiene asociados coeficientes no significativos para la estimación con un OP. Hemos estimado el mismo modelo con un MNL, obteniendo coeficientes ligeramente significativos y negativos para el caso de uno y de dos vehículos, aunque no significativo para más de dos. Este resultado muestra pues que un mayor peso del municipio central del SLT hace que los hogares no posean un mayor número de automóviles. Finalmente, los municipios más autocontenidos disminuyen la necesidad de automóvil como veremos más adelante por un mayor porcentaje de desplazamientos no motorizados más que por el uso del transporte público. Por lo que a las infraestructuras se refiere, podemos fijarnos en los coeficientes y elasticidades asociadas al número de estaciones de ferrocarril de cada municipio y a la variable dicotómica que nos indica la presencia de metro. Observamos que a mayor dotación de infraestructuras ferroviarias, menor es la tenencia de automóviles.

Si nos fijamos en los signos de las elasticidades estimadas para cada nivel de tenencia de vehículos, observamos un cambio generalizado de signo entre el primer y el segundo vehículo para todas las variables excepto para el número de estaciones de tren. Este resultado, junto con el hecho que el 53% de los hogares posee un solo vehículo nos

permite afirmar que las características socioeconómicas y de forma urbana determinan la tenencia de automóvil sobre un patrón base de un vehículo por hogar.

Los coeficientes *Cut* son los parámetros que nos relacionan la variable latente con el nivel de tenencia observado para cada hogar⁹.

5.2. La elección modal

De la estimación de la ecuación (4), obtenemos los resultados recogidos en la tabla 4 para toda Catalunya y la submuestra RMB+GLT. A diferencia del modelo anterior, la variable dependiente es el modo de transporte elegido para realizar el desplazamiento al lugar de trabajo, con tres alternativas disponibles: coche, bus y tren. Otra diferencia es que hemos incluido la variable que recoge los kilómetros de líneas de autobús urbano de los que dispone el municipio en análisis. Debemos apuntar además que las elasticidades son condicionadas a la tenencia de automóviles de cada hogar.

⁹ $y = 0$ si $y^* \leq cut1$

$y = 1$ si $cut1 < y^* \leq cut2$

$y = 2$ si $cut2 < y^* \leq cut3$

$y = 3$ si $y^* > cut3$

Elección modal

	CATALUNYA					RMB+GLT				
	Coche	Bus		Tren		Coche	Bus		Tren	
	Elastic.	Cofic. (estad. z)	Elastic.	Cofic. (estad. z)	Elastic.	Elastic.	Cofic. (estad. z)	Elastic.	Cofic. (estad. z)	Elastic.
Edad: de la persona principal del hogar	0.0203	-0.0647*** -(10.10)	0.0571	-0.0549*** -(7.73)	-0.1866	0.0288	-0.0633*** -(9.39)	0.0478	-0.0532*** -(7.31)	-0.1926
(Edad)²		0.0008*** (10.06)		0.0006*** (6.72)			0.0008*** (9.26)		0.0006*** (6.27)	
Nviaje: v. dicotómica. 1=más de un viaje de ida y vuelta al trabajo		-0.2596*** -(9.38)		-0.2765*** -(10.29)			-0.2042*** -(7.17)		-0.2267*** -(8.32)	
Lug_L: v. dicotómica. 1=distinto municipio		-0.4115*** -(12.95)		0.3958*** (13.10)			-0.4574*** -(13.92)		0.3521*** (11.49)	
Edif.: v. dicotómica. 1=edificio unifamiliar		-0.5845*** -(10.91)		-0.3046*** -(6.37)			-0.5702*** -(9.67)		-0.2411*** -(4.80)	
Numniñ: número de niños en el hogar		-0.0604*** -(3.36)		-0.0732*** -(4.28)			-0.0613*** -(3.30)		-0.0720*** -(4.14)	
NumOcu: número de ocupados en el hogar	-0.0788	0.1849*** (13.44)	0.3378	0.1092*** (7.91)	0.1579	-0.0930	0.1901*** (13.27)	0.3316	0.1137*** (8.06)	0.1512
Añoest: años de estudio del individuo	-0.0081	-0.0399*** -(11.86)	-0.4079	0.0349*** (10.41)	0.3549	-0.0069	-0.0399*** -(11.54)	-0.4124	0.0329*** (9.71)	0.3404
Sexo: v. dicotómica. 1=hombre		-1.2942*** -(47.51)		-0.9797*** -(38.14)			-1.3072*** -(46.70)		-0.9946*** -(38.19)	
Habit: número de habitantes del municipio de residencia	0.0063	-2.19E-06*** -(8.83)	-0.9738	1.66E-06*** (4.94)	0.7704	-0.2059	-1.24E-06*** -(4.61)	-0.8585	2.61E-06*** (7.65)	1.2007
Kmlin: kilómetros de líneas de autobús urbano	-0.2540	0.0043*** (9.12)	1.3750	-0.0005 -(0.92)	n.s.	0.0597	0.0023*** (4.31)	1.0317	-0.0026*** -(4.23)	-0.9959
Estfc: estaciones ferroviarias en el municipio	-0.0656	0.0231 (1.37)	n.s.	0.0802*** (5.69)	0.2337	-0.0885	0.0384** (2.14)	0.0646	0.0828*** (5.75)	0.2491
Metro: presencia de metro en el municipio		0.3352*** (4.67)		0.3234*** (4.66)			0.3811*** (5.17)		0.3171*** (4.56)	
Ratio COP.: ratio centralidad ocupación potencial del SLT del municipio de residencia	0.1081	1.5727*** (4.19)	1.5054	-2.3866*** -(6.58)	-1.9756	-0.1058	2.3177*** (5.59)	1.9565	-1.2141*** -(2.73)	-1.1693
Dens_pnet: densidad neta de población	-0.2039	5.12E-05*** (18.23)	0.7154	2.28E-05*** (8.45)	0.2046	-0.1776	4.13E-05*** (13.83)	0.6485	1.43E-05*** (5.09)	0.1074
Autocon: autocontención municipal	0.3110	-1.1360*** -(6.47)	-0.3105	-3.1969*** -(17.82)	-1.4271	0.2301	-0.5249** -(2.42)	-0.0545	-2.2176*** -(10.53)	-0.9661
Constante		-1.9516*** -(5.31)		1.3699*** (3.79)			-2.6580*** -(6.49)		0.2090*** (0.48)	
	Observaciones: 67850 Pseudo R ² : 0,1490					Observaciones: 57290 Pseudo R ² : 0,1242				

*** significativo al 1%; ** significativo al 5%, n.s. = coeficiente no significativo

Los resultados de las variables de control en general se corresponden con los esperados. Por lo que respecta a la edad, tenemos elasticidades positivas para el automóvil privado y el autobús y negativos para el tren. El valor positivo de la elasticidad respecto de la edad para el uso del autobús sorprende a primera instancia ya que esperaríamos valores negativos para el transporte público dada la relación positiva entre renta y edad. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el coeficiente estimado (respecto al coche porque es la categoría de referencia) es negativo, y por lo tanto su efecto relativo es menor. El hecho que la elasticidad respecto al autobús sea mayor que la del coche viene explicado por el procedimiento de cálculo: la hemos calculado respecto los valores de las probabilidades de elección predichas, siendo los de la alternativa del autobús relativamente bajas, así que su incremento marginal es grande en términos porcentuales.

Los resultados muestran valores negativos respecto el transporte público para los individuos que realizan más de un desplazamiento diario a su lugar de trabajo. La posibilidad de hacer más de un desplazamiento al trabajo tiene que ver con el tiempo empleado en el viaje, siendo este más largo cuando se realiza en transporte público. Si nos fijamos en el efecto que implica cambiar de municipio, vemos que el autobús es un modo de transporte más intramunicipal que el automóvil, lo contrario que sucede con el tren. Este resultado es el esperado y tiene que ver con la distancia recorrida por un modo u otro. El autobús realiza desplazamientos más cortos y por tanto, es más probable que sean dentro del mismo municipio. En cambio los desplazamientos en tren son mas largos y por eso, a excepción de los realizados en metro, es más probable que su uso sea para desplazamientos intermunicipales.

El tipo de edificio en el que reside el individuo, que nos relaciona las características individuales con las de forma urbana, toma valores negativos para el transporte público.

Esto apoya nuestra hipótesis de que los individuos que residen en edificios unifamiliares tienen una dependencia mayor del automóvil por tratarse de núcleos de viviendas que acostumbran a estar alejados de los entornos densos y bien comunicados en transporte público. A pesar de ello, no obviamos el efecto renta que tiene esta variable.

La composición del hogar es un factor a tener en cuenta a la hora de determinar el modo de desplazamiento. El número de niños influye negativamente en el uso del transporte público, lo contrario que el número de ocupados ya que no todos los hogares disponen de más de un vehículo.

El resultado obtenido para los años de estudio es en parte sorprendente aunque lógico si tenemos en cuenta las características intrínsecas a la muestra. La elasticidad positiva para el tren respecto esta variable parece no corresponderse con el supuesto de que el transporte público es menos utilizado cuando aumenta la renta. El motivo por el cual observamos este resultado es que la mayoría de los desplazamientos en tren o metro se realizan en el municipio de Barcelona o en los corredores ferroviarios de la RMB, donde la población tiene más años de estudio. En cambio, el valor negativo de la elasticidad de los años de estudio (que entendemos como *proxy* de la renta) para el automóvil no parece tan lógico. Sin embargo, su magnitud es muy pequeña, y más si la comparamos con las elasticidades obtenidas para los otros modos y las otras variables.

Si nos centramos ahora en la influencia de la forma urbana y las infraestructuras en la elección del modo de transporte, veremos que, salvo algunas excepciones, los resultados son los esperados. En general encontramos que el vehículo privado es menos utilizado en entornos urbanos donde existen alternativas de transporte público.

Como avanzábamos, los kilómetros de línea de autobús juegan un papel importante precisamente para la alternativa del autobús. Entendemos este resultado como un efecto positivo de la calidad del transporte público. Para el caso del ferrocarril, encontramos valores negativos aunque no significativos, resultado explicable por el hecho de que lo que de verdad afecta al uso del ferrocarril son mayoritariamente sus propias infraestructuras. La elasticidad negativa para el automóvil la entendemos en el sentido que la existencia de alternativas de calidad lleva a los ocupados a utilizar más dichas alternativas, aspecto que se repite para las infraestructuras del ferrocarril. Si nos fijamos en los resultados para la submuestra RMB+GLT, vemos que una buena red de líneas de autobús desincentiva el uso del ferrocarril, aspecto que no entra en contradicción con lo anterior ya que son dos modos de transporte público que pueden estar compitiendo por los mismos usuarios. De hecho, en algunos municipios los dos modos de transporte son competidores y en otros, complementarios. El caso de la complementariedad es propio de municipios donde el autobús, más flexible, alimenta de usuarios el tren.

Las infraestructuras de ferrocarril las hemos separado en dos variables distintas. La primera es el número de estaciones (excluidas las de metro) que hay en el municipio. La segunda es una variable *dummy* que toma el valor uno en los municipios donde llega la red de metro de Barcelona. La primera variable tiene resultados esperados ya que la presencia de la infraestructura ferroviaria favorece su utilización en detrimento del coche mientras el uso del autobús no sufre ninguna variación significativa. El caso del metro es tan solo indicativo puesto que queremos remarcar que su presencia influye más allá del efecto que tienen las estaciones de tren convencional. El coeficiente positivo del uso del autobús se debe a la relación que apuntábamos entre la presencia de metro y la existencia de una red de autobuses urbanos en estos municipios. Lo mismo pasa para las dos variables en la submuestra RMB+GLT.

Los resultados obtenidos para el ratio de centralidad de la ocupación potencial nos muestran que el peso del municipio central influye en el modo de transporte utilizado. Como era de esperar, a mayor peso, mayor probabilidad de viajar en autobús puesto que dichos viajes acostumbran a realizarse dentro del municipio que atrae trabajadores. Para el caso de Catalunya tenemos que el peso del municipio central favorece el uso del coche, mientras que para el caso de la muestra restringida, el signo de la elasticidad asociada al automóvil cambia. Este cambio en el signo nos está diciendo que fuera de los entornos metropolitanos, el coche es utilizado para los desplazamientos al núcleo del SLT. Para el caso RMB+GLT, esto no es así pues el acceso a las ciudades que atraen trabajadores se puede realizar en transporte público. Hay que añadir a esta consideración que el peso del SLT de Barcelona puede estar explicando gran parte de estos resultados.

El hecho de encontrar este cambio en el signo es muy importante para las consideraciones en materia de política territorial y urbanística ya que la descentralización de la ocupación hacia municipios suburbanos lleva a un uso mayor del coche. La elasticidad negativa para el tren nos indica que una mayor descentralización del empleo favorecería el uso de este modo, aunque debemos apuntar que para ello sería necesario que existiera la infraestructura que conectase los municipios suburbanos.

El indicador que muestra unos resultados más claros es el de la densidad. No hay duda alguna que los entornos más densos son hostiles para el automóvil privado y favorables para el transporte público. Los resultados muestran un impacto mayor para el autobús que para el tren (lógico si pensamos que los desplazamientos en tren son más extensos y

por lo tanto el usuario puede proceder de entornos suburbanos menos densamente poblados).

Finalmente, el grado de autocontención municipal refleja situaciones ligeramente distintas para las dos muestras. Los resultados para el ferrocarril son los esperados, pues en los municipios con mayor autocontención se reduce la probabilidad de ir en tren. Para el caso del coche y el autobús los resultados muestran una situación que debemos analizar con precisión. Vemos que a mayor autocontención, mayor uso del automóvil. Este resultado tiene sentido en municipios pequeños y medianos donde el transporte público urbano es usado mayoritariamente por cautivos y los desplazamientos en automóvil son cortos y permiten una gran flexibilidad. El caso del autobús refleja una situación parecida, pues para la muestra RMB+GLT se reduce la significatividad del coeficiente y la elasticidad es relativamente baja. La diferencia entre las muestras la vemos en que los valores de los coeficientes y de las elasticidades en la muestra reducida son menores para todos los modos, lo que nos refleja un menor impacto de esta característica en los entornos metropolitanos. Estos resultados deben ser analizados teniendo en cuenta que no consideramos los desplazamientos a pie, modo muy influenciado por la autocontención municipal.

De los resultados analizados, podemos decir que en general la presencia de transporte público de calidad favorece su uso en detrimento del automóvil. A pesar de ello, esto depende también de la realidad de cada entorno en particular, sobre todo por lo que a la composición del mercado de trabajo y potencial de empleo se refiere. Los resultados muestran que la mejor característica de forma urbana para el uso del transporte público es la densidad puesto que permite una implementación eficiente y próxima al usuario. Los resultados obtenidos para el caso del ferrocarril muestran que su uso, a excepción

del caso particular del metro, se debe a desplazamientos intermunicipales, hecho que acompaña la suburbanización del empleo y de la población para el caso de la RMB.

Si comparamos nuestro estudio con los de otros autores que realizan análisis parecidos, vemos que los resultados coinciden básicamente en dos aspectos. La densidad es un factor importante en la elección del modo de transporte para Cervero, 1988; Bento, et al., 2005; Newman y Kenworthy, 1989; Frank y Pivo, 1994; Hensher, 1998; Cervero y Kockelman, 1997; Giuliano y Dargay, 2006; Camagni, et al., 2002 y Dieleman, et al., 2002, al igual que la presencia de transporte público: Bento, et al., 2005; Giuliano y Dargay, 2006; Camagni, et al., 2002 y Dieleman, et al., 2002.

6. Conclusiones

Al principio de este trabajo nos preguntábamos si la forma urbana ejercía alguna influencia en la movilidad. Hemos visto algunos modelos que abogan por una doble interacción entre ambos conceptos, aunque en este estudio nos hemos centrado en la influencia que ejerce la forma urbana en la elección del modo de transporte. Una posible extensión sería ver cómo el comportamiento del transporte determina la localización de la población y la actividad.

De los resultados de los modelos aplicados para la tenencia de automóvil y la elección del modo de transporte para desplazarse al lugar de trabajo, sacamos las siguientes conclusiones. La primera es que la presencia de alternativas de transporte público determina en parte tanto el número de automóviles en el hogar como la elección modal, siendo más influyente la infraestructura ferroviaria que la de autobuses urbanos.

La segunda es que la forma urbana (descrita por las distintas variables que recogen características municipales) también influye, y mucho, en la movilidad. La característica más determinante es la densidad, puesto que los entornos densos son los más hostiles para el automóvil; bien respecto a la tenencia, bien respecto a su uso. Otras características de forma urbana, relacionadas con el mercado de trabajo ofrecen resultados en la misma dirección. El peso del municipio central de un Sistema Local de Trabajo es importante para determinar el uso del transporte público. A mayor peso, mayor utilización del autobús, lo contrario que pasa con el tren ya que este modo permite desplazamientos más largos. La autocontención municipal compara los que residen y trabajan en el municipio con el total de trabajadores residentes. El resultado obtenido nos muestra que esta característica influye negativamente en el uso del ferrocarril.

La tercera conclusión es respecto a la tenencia de automóviles, y es que los hogares parten de la posesión de un automóvil y en función de sus características socioeconómicas y su entorno urbano, deciden disponer de más vehículos. Los casos en los que no se dispone de automóvil son relativamente bajos y concentrados en entornos densos.

Además de estas aportaciones, podemos afirmar que la dependencia del automóvil crecerá ya que cada vez más la población y el empleo se descentralizan con los consiguientes costes para la implementación de un buen sistema de transporte público. Los resultados obtenidos para el indicador del ratio de centralidad de la ocupación potencial nos muestran que la suburbanización del empleo favorece el uso del automóvil en los entornos urbanos. Nuestra propuesta en este sentido tiene dos vertientes. La primera hace referencia al sistema de transporte y es que este debe responder a las

necesidades de la población. La red de ferrocarriles debe ser densa y con un servicio de calidad para que los desplazamientos largos sean más atractivos de realizar que en coche. Además, esto debe complementarse con una red de autobuses que cumpla dos objetivos: el primero es abastecer de usuarios la red de ferrocarriles y el otro es ser una alternativa al coche en las ciudades medianas donde se realizan viajes más cortos. Esta propuesta de mejorar la calidad del transporte público debería superar un análisis coste beneficio para que se pudiera implementar. La segunda propuesta tiene que ver con la localización tanto de las nuevas viviendas como de los centros de trabajo. La construcción de nuevas viviendas debe responder a un criterio de sostenibilidad y por ello debe hacerse en entornos no alejados de los centros de las ciudades ni del acceso al transporte público. Sobre estas dos propuestas, deberíamos cuantificar exactamente la dependencia del automóvil ya que solo conocemos el impacto de algunos indicadores a nivel municipal, siendo esta una posible extensión del estudio.

Referencias

- Ben-Akiva, M., y S.R. Lerman (1985) *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*, MIT Press series in transportation studies. Cambridge.
- Bento, A. M., M. L. Cropper, A. M. Mobarak, y K. Vinha (2005) "The Effects of Urban Spatial Structure on Travel Demand in the United States." *Review of Economics and Statistics* 87: 466-478.
- Boarnet, M., y S. Sarmiento (1998) "Can Land-use Policy Really Affect Travel Behaviour? A Study of the Link between Non-work Travel and Land-use Characteristics." *Urban Studies* 35, núm. 7: 1155-1169.
- Boix, Rafael, y Vittorio Galletto (2006) "Sistemas locales de trabajo y distritos industriales marshallianos en España." *Economía Industrial* 359: 165-184.
- Breheny, M. (1995) "The compact city and transport energy consumption." *Transactions of the Institute of British Geographers* 20: 81-101.
- Camagni, R., M. C. Gibelli, y P. Rigamonti (2002) "Urban mobility and urban form: the social and environmental costs of different patterns of urban expansion." *Ecological Economics* 40: 199-216.
- Cervero, R. (1988) "Land-Use Mixing And Suburban Mobility." *Transportation Quarterly* 42, núm. 3: 429-446.
- Cervero, Robert, y Kara Kockelman (1997) "Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design." *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 2, núm. 3: 199-219.
- Dargay, J. M., y M. Hanly (2003) "The Impact of Land Use Patterns on Travel Behaviour." *Presented at the European Transport Conference Strasbourg, France.*
- Dieleman, F. M., M. Dijst, y G. Burghouwt (2002) "Urban Form and Travel Behaviour: Micro-level Household Attributes and Residential Context." *Urban Studies* 39: 507-527.
- Domencich, Thomas A., y Daniel McFadden (1975) *Urban travel demand: a behavioral analysis*. Amsterdam: North-Holland Publishing Company.
- Frank, L. D., y G. Pivo (1994) "Impacts of Mixed Use and Density on Utilization of Three Modes of Travel: Single-Occupant Vehicle, Transit, and Walking." *Transportation Research Record*, núm. 1466: 44-52.
- Giuliano, G., y J. Dargay (2006) "Car ownership, travel and land use: A comparison of the US and Great Britain." *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 40, núm. 2: 106-124.
- Gordon, P., y H.W. Richardson (1997) "Are compact cities a desirable planning goal?" *Journal of the American Planning Association* 63, núm. 1: 95-106.
- Hensher, D. A. (1998) "The imbalance between car and public transport use in urban Australia: why does it exist?" *Transport Policy* 5: 193.
- Martínez, F.J. (2000) "Towards a Land-use and Transport Interaction Framework." In *Handbook of Transport Modelling*, edited by Hensher y Button: Pergamon.
- Newman, P., y J. Kenworthy (1989) *Cities and Automobile Dependence: An International Sourcebook*. Edited by Gower Technical. Great Britain.
- Train, Kenneth (1980) "A Structured Logit Model of Auto Ownership and Mode Choice." *The Review of Economic Studies* 47, núm. 2: 357-370.
- Waddell, P (2001) "Towards a Behavioral Integration of Land Use and Transportation Modelling." In *Travel Behavior Research: The Leading Edge*, edited by D. Hensher, 65-95. New York: Pergamon.