



Hacienda Pública Española / Revista de Economía Pública, 174-(3/2005): 25-41
© 2005, Instituto de Estudios Fiscales

El valor subjetivo del tiempo de viaje de los estudiantes universitarios cuando las preferencias son heterogéneas *

FRANCISCO JAVIER AMADOR MORERA

ROSA MARINA GONZÁLEZ MARRERO

Universidad de La Laguna

Recibido: Noviembre, 2003

Aceptado: Julio, 2005

Resumen

En este trabajo se analiza la sensibilidad de los valores subjetivos del tiempo de viaje (VSTV) a los supuestos adoptados sobre las preferencias de los estudiantes. Para ello se estiman modelos de elección discreta que permiten captar la heterogeneidad de las preferencias de los estudiantes por el tiempo de viaje introduciendo tanto interacciones entre características observadas de los individuos y atributos de los modos de transporte como parámetros aleatorios. Los resultados muestran que una parte de la variación del VSTV viene explicada por el sexo de los viajeros, mientras que la variación restante es de carácter aleatorio. La evidencia empírica sugiere, además, que los VSTV tienden a subestimarse cuando se impone homogeneidad de las preferencias. Sin embargo, de la discusión teórica de los modelos y de la evidencia empírica existente se desprende que este resultado no es general.

Palabras clave: modelos de elección discreta, preferencias heterogéneas, valor subjetivo del tiempo de viaje, logit con parámetros aleatorios.

Clasificación JEL: R41, C25, D61.

1. Introducción

La derivación de una medida monetaria para el valor subjetivo de los ahorros de tiempo de viaje (VSTV) ha sido objeto de gran interés en el análisis económico de los proyectos de transporte (Mackie *et al.*, 2001). Tradicionalmente, los VSTV se han obtenido a partir de modelos de elección de modo de transporte relativamente simples y del supuesto de que las preferencias de los individuos son homogéneas. Este planteamiento lleva a obtener un valor *único* de las disposiciones a pagar para un individuo representativo. Sin embargo, éste puede ser un supuesto demasiado restrictivo, ya que la disposición a pagar puede diferir entre los

* Los autores desean expresar su agradecimiento a Julio Afonso y a dos evaluadores anónimos, ya que sus comentarios y sugerencias han contribuido a mejorar significativamente la versión definitiva de este trabajo. También desean agradecer a Beatriz Alonso su labor en la preparación de la base de datos utilizada y su colaboración en la realización de una versión previa de este trabajo que fue presentada en el *V Encuentro de Economía Aplicada* en junio de 2002.

individuos de acuerdo a determinadas características socioeconómicas observadas (e.g. nivel de ingreso, sexo, etc.), o incluso en función de variables que no se observan o son difíciles de medir. Por este motivo, para obtener medidas más precisas del VSTV, puede resultar conveniente especificar modelos de elección más generales que permitan captar la existencia de heterogeneidad en las preferencias de los individuos.

La manera tradicional de introducir la heterogeneidad de las preferencias en un modelo de elección discreta ha consistido en incluir en la especificación del modelo interacciones entre los atributos de las alternativas (modos de transporte) y las características socioeconómicas observadas de los individuos (véase, por ejemplo, Train, 1986). Este planteamiento permite detectar únicamente la existencia de heterogeneidad sistemática en las preferencias, esto es, averiguar si los gustos de los individuos varían sistemáticamente de acuerdo a algunas de sus características socioeconómicas.

Otra aproximación que permite considerar la existencia de heterogeneidad de las preferencias es la que consiste en asumir que los parámetros del modelo, que reflejan las preferencias de los individuos, varían aleatoriamente en la población. Con la especificación de modelos de parámetros aleatorios trata de captarse la existencia de variación en los gustos de acuerdo a factores no observados, esto es, la heterogeneidad no observada o de carácter aleatorio. Los avances en las técnicas de estimación mediante simulación han facilitado considerablemente la utilización de estos modelos y sus aplicaciones, con la finalidad de derivar el VSTV, se han extendido en los últimos años (véase, por ejemplo, Algiers *et al.*, 1998; Hensher, 2001a, b, c, y Carlsson, 2003). Sin embargo, la correcta especificación de estos modelos y las implicaciones de su utilización a la hora de derivar el VSTV son todavía hoy objeto de debate (Hensher y Greene, 2003; Sillano y Ortúzar, 2005).

En este trabajo se utiliza un modelo que combina los dos planteamientos anteriores con la finalidad de derivar medidas del VSTV teniendo en cuenta la posible existencia tanto de heterogeneidad sistemática como de heterogeneidad no observada en las preferencias de los individuos. Este tipo de aproximación, originalmente propuesta por Bhat (1998), ha sido poco empleada y presenta la ventaja de que permite obtener una mejor caracterización de la variación de los VSTV en la población. Por otra parte, comparando el VSTV que se deriva de esta aproximación con el que se obtiene de un modelo que impone la homogeneidad de las preferencias, se evalúan las consecuencias sobre el VSTV de establecer este supuesto cuando en realidad los gustos varían en la población.

La aplicación empírica se efectúa a partir de una encuesta de preferencias reveladas, realizada en mayo de 2000, sobre la elección del modo de viaje que hacen los estudiantes de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad de La Laguna.

El resto del trabajo se organiza de la siguiente manera. En la sección 2 se presentan los fundamentos teóricos de los modelos de elección discreta, así como la formulación económica planteada para captar los diferentes tipos de heterogeneidad. En el siguiente apartado se describe la base de datos utilizada para la estimación de los modelos. En el apartado 4 se incluyen y comentan los resultados de los modelos estimados. En la sección 5 se obtienen y

comparan los VSTV que resultan de los modelos estimados. Finalmente, se exponen las conclusiones más sobresalientes que se desprenden de este estudio.

2. Fundamentos teóricos y formulaciones econométricas

2.1. Fundamentos teóricos

Para modelizar la elección del modo de transporte y derivar el VSTV generalmente se utilizan modelos de elección discreta que parten de la *Teoría de la Utilidad Aleatoria* (Domenich y McFadden, 1975; y más recientemente Ben Akiva y Lerman, 1985). Desde esta teoría se postula que los individuos son racionales y eligen aquella alternativa que les proporciona mayor nivel de satisfacción o utilidad. Si bien desde el punto de vista del individuo la elección es completamente determinística, la imposibilidad de apreciar, por parte del analista, la influencia en la elección de variables no observadas o de errores de medición, hace necesario considerar que la utilidad es de tipo estocástico. Así, la utilidad que cada individuo q asocia a una alternativa i puede expresarse como la suma de dos componentes diferenciados:

$$U_{iq} = V_{iq}(x_{iq}, \beta) + \varepsilon_{iq} \quad [1]$$

donde V_{iq} es la parte determinística, que es función de un vector de características observadas de la alternativa y del individuo (x_{iq}) y de un vector de parámetros a estimar (β), y ε_{iq} es el componente aleatorio o estocástico.

Dado que los individuos eligen la alternativa que les reporta la máxima la utilidad, U_{iq} es una función indirecta de utilidad condicional a la elección de una alternativa (FIUC) que puede especificarse de forma apropiada a partir de un modelo microeconómico de comportamiento del consumidor. Train y McFadden (1978) fueron los primeros en establecer un fundamento microeconómico para los modelos de elección de modo de viaje a partir de un modelo de elección entre bienes y ocio. Posteriormente, diversos autores extienden el marco teórico propuesto por Train y McFadden incluyendo nuevos argumentos en la utilidad directa y restricciones adicionales en el problema del consumidor (para una revisión de los distintos modelos, véase González Marrero, 1997, y Jara-Díaz, 1998).

En esta línea, Bates (1987) propone un modelo de elección de modo más general y acorde con el planteamiento de DeSerpa (1971). Siguiendo a Bates, el problema de la elección del modo de viaje puede plantearse de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} & \text{Max } U(G_i, L_i, T_i) \\ & \text{s.a. } G_i \leq M - c_i \quad (\lambda) \\ & L_i \leq T - T_i \quad (\mu) \\ & T_i^* \leq T_i \quad (\psi_i) \end{aligned} \quad [2]$$

donde la función de utilidad directa $U(\cdot)$ depende de G_i , L_i y T_i que representan el gasto en bienes de consumo, el ocio y el tiempo de viaje si el individuo elige el modo i , respectivamente. M es el ingreso, c_i el coste del viaje en el modo de transporte i , T_i^* el tiempo mínimo de viaje en el modo i y T el tiempo total disponible. Por su parte, λ , μ , $\psi_1, \dots, \psi_M \geq 0$ son los multiplicadores de Lagrange asociados a cada una de las restricciones del problema, por lo que λ puede interpretarse como la utilidad marginal del ingreso, μ como la utilidad marginal del tiempo (como recurso) y ψ_i como la utilidad marginal de reducir el tiempo mínimo de viaje en la alternativa i .

Considerando una aproximación de primer orden de la función de utilidad directa, Bates obtiene la siguiente especificación lineal para el componente determinístico de la FIUC para un individuo:

$$V_i = \alpha_i + \beta_C c_i + \beta_{T_i} T_i \quad [3]$$

donde el parámetro del coste coincide con la utilidad marginal del ingreso cambiada de signo ($\beta_C = -\lambda$) y el parámetro del tiempo de viaje en el modo i es igual a menos la utilidad marginal de reducir el tiempo mínimo de viaje en ese modo ($\beta_{T_i} = -\psi_i$). Este planteamiento justifica, por tanto, la introducción del tiempo y el coste de viaje como variables explicativas de la elección del modo de transporte.

Es importante tener en cuenta que, de acuerdo a las condiciones de Kuhn-Tucker del problema (2), $\lambda, \psi_1, \dots, \psi_M$ son mayores (o iguales) que cero, por lo que cabe esperar que los parámetros estimados tanto para el tiempo como para el coste de viaje presenten un signo *negativo*¹. Además, dado que estos parámetros pueden interpretarse como utilidades marginales, la tasa marginal de sustitución entre tiempo y dinero viene dada por el cociente β_{T_i} / β_C . Esta tasa, que puede interpretarse como la disposición marginal a pagar por ahorrar tiempo de viaje en un modo, es lo que se ha denominado el valor subjetivo del tiempo de viaje (VSTV).

De acuerdo con este planteamiento, si las preferencias de los individuos son homogéneas se obtendría para cada modo de viaje un único VSTV representativo para toda la población. Por el contrario, si las preferencias son heterogéneas, los parámetros de preferencia por el tiempo y el coste del viaje, β_{T_i} y β_C , diferirían entre los individuos y, en consecuencia, también lo harían los VSTV. Esto pone de manifiesto la necesidad de contrastar la existencia de variación de los gustos en la población.

2.2. Formulaciones econométricas y heterogeneidad de las preferencias

Una vez especificado el componente determinístico de la FIUC, los distintos supuestos sobre la distribución del componente aleatorio de la utilidad (véase expresión 1) dan lugar a distintos modelos probabilísticos de elección. En este trabajo se utilizan modelos logit *multinomial* (MNL) y logit *mixto* (ML)².

El MNL o logit simple (McFadden, 1974), que se obtiene al asumir que los términos de error se distribuyen idéntica e independientemente Gumbel, únicamente permite captar lo

que se denomina heterogeneidad sistemática o determinística, esto es, variaciones en los gustos que vienen explicadas por variables observables y/o medibles. Para captar dicha heterogeneidad, en la especificación del componente determinístico se introducen interacciones entre los atributos de las alternativas (tiempo de viaje, coste, frecuencia, etc.) y las características socioeconómicas de los individuos tales como sexo, edad, nivel de ingreso,... (e.g. Train, 1986; Pollack y Wales, 1992). De esta manera, el parámetro de cada atributo es una función de las características socioeconómicas observadas de los individuos.

Sin embargo, en algunas ocasiones no se dispone de información a nivel individual de las características socioeconómicas, o bien, los gustos varían de acuerdo a factores que son inobservables o difíciles de medir. En estos casos para recoger la existencia de heterogeneidad no sistemática puede utilizarse una generalización del modelo MNL en la que los parámetros de las variables observadas pueden variar aleatoriamente entre los individuos como es el logit mixto (ML) o de parámetros aleatorios (Train, 1998; 2003). La especificación de la FIUC en el caso de un ML puede escribirse como:

$$U_{iq} = \beta_q x_{iq} + \varepsilon_{iq}, \beta_q \sim f(\beta/\theta) \quad \varepsilon_{iq} \sim iid \text{ Gumbel} \quad [4]$$

donde $f(\cdot)$ es la función de densidad de los parámetros individuales β en la población que debe definir el investigador *a priori* y θ el vector de parámetros que caracteriza su distribución.

No obstante, el uso de una especificación con parámetros aleatorios presenta el inconveniente de que no proporciona información acerca de los factores que determinan las variaciones de los gustos. Por este motivo, con la finalidad de caracterizar la variación de los VSTV en la población, en este trabajo se emplea una aproximación que permite considerar la existencia tanto de heterogeneidad sistemática como de heterogeneidad no observada, esto es, un modelo en el que se introducen tanto parámetros aleatorios como interacciones entre los atributos de las alternativas y las características socioeconómicas. Una de las ventajas de usar esta aproximación es que permite obtener el VSTV de los individuos como una función de sus características socioeconómicas observadas, teniendo en cuenta además la influencia de las fuentes de heterogeneidad desconocidas por el investigador. Este planteamiento fue propuesto originalmente por Bhat (1998) y, posteriormente, ha sido empleado por Breffle y Morey (2000) en el contexto de la valoración de actividades recreativas. No obstante, su utilización con la finalidad de derivar el VSTV ha sido relativamente escasa (véase Amador y González, 2003; Cherchi y Ortúzar, 2003 y Hensher y Greene, 2003).

3. Datos

La información utilizada en este trabajo procede de una encuesta que se realizó a estudiantes de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales y de la Escuela de Ciencias Empresariales durante la semana del 22 al 26 de mayo de 2000. Esta encuesta se llevó a cabo con la finalidad de poder caracterizar la movilidad de los estudiantes en sus desplazamientos hacia el centro de estudios. Se trata de observaciones de «preferencias reveladas» a través de

las cuales se puede identificar el modo de transporte elegido para realizar los desplazamientos, las condiciones en las que se realiza esta elección (modos de transporte disponibles, duración y coste del viaje, etc.) y las características socioeconómicas más relevantes que permiten caracterizar el perfil de los estudiantes (nivel de renta, posesión de vehículo, asignación mensual, edad, sexo y situación laboral).

Antes de realizar la encuesta definitiva, tal y como es habitual en estos casos, se evaluó el cuestionario inicialmente diseñado usando grupos focales. Esto permitió detectar posibles ambigüedades y asegurar, en la medida de lo posible, la comprensión de las preguntas formuladas³. Los alumnos encuestados fueron 669, cifra que puede considerarse representativa del nivel medio de asistencia, dado que la encuesta se realizó en todas las clases que se impartieron durante una semana normal⁴.

De la muestra total obtenida se eliminaron aquellas observaciones referidas a los individuos cautivos de algún modo de transporte, dado que en ese caso no existe una elección. Una vez tenida en cuenta esta consideración, la muestra resultante para el análisis empírico quedó compuesta por 494 estudiantes, de los cuales 204 son varones y 290 mujeres.

Al examinar los datos se observa que los cinco modos de transporte principalmente utilizados por los estudiantes para desplazarse hasta el centro de estudio son: conduciendo un vehículo privado (coche-conductor), viajando como acompañante en un vehículo privado (coche-acompañante), en autobús, en el autobús del circuito universitario, en moto y a pie. En la tabla 1 se muestra el reparto modal y la disponibilidad de cada uno de los modos.

Tabla 1
Elección y disponibilidad de los modos de transporte

Modo de transporte	Hombres		Mujeres		Total	
	Elección (%)	Disponib. (%)	Elección (%)	Disponib. (%)	Elección (%)	Disponib. (%)
Coche-conductor	58,3	66,1	50,0	54,1	53,4	59,1
Coche-acompañante	11,8	38,2	22,4	48,9	18,0	44,5
Autobús	12,7	82,3	10,0	83,1	11,1	82,8
Circuito Universitario	2,9	13,2	8,9	20,0	6,4	17,2
Moto	1,0	2,9	0,3	1,3	0,6	2,0
A pie	13,2	31,8	8,2	30,3	10,3	31,0
N.º observaciones	204		290		494	

Al analizar las elecciones se pone de manifiesto que, independientemente del nivel de ingreso familiar, la mayor parte de los estudiantes accede al centro de estudio conduciendo un vehículo privado. Por otra parte, los datos de elección y disponibilidad muestran que prácticamente la totalidad de los estudiantes que tienen disponible la alternativa coche-conductor la elige, independientemente de su nivel de ingreso familiar o de su sexo.

Por otra parte, cuando se analiza el reparto modal en función del sexo, se detecta un perfil de elección diferente entre hombres y mujeres. En el caso de los hombres, la segunda opción más elegida es hacer el trayecto a pie, seguido del autobús y del acompañante en vehículo privado. Las mujeres, por el contrario, tienen como segunda modalidad más elegida la de acompañante en el vehículo privado, utilizan en mayor medida el autobús del circuito universitario (8,9 por 100 de las mujeres frente al 2,9 por 100 de los hombres) y tienden a desplazarse menos a pie (8,2 por 100 de las mujeres frente al 13,2 por 100 de hombres). En relación con esta última observación, cabe destacar que de las mujeres que tienen la posibilidad de realizar el trayecto a pie sólo el 27 por 100 elige hacerlo, mientras que en el caso de los hombres es el 41 por 100.

Con respecto al resto de variables socioeconómicas incluidas en el cuestionario (nivel de ingreso familiar, asignación presupuestaria mensual y posesión del vehículo privado) se detecta un perfil muy similar entre hombres y mujeres.

Por último, resaltar que los estudiantes que tienen un trabajo remunerado representan el 14 por 100 de la muestra y que se desplazan al centro fundamentalmente en vehículo privado (el 75 por 100 en coche-conductor y el 15 por 100 en coche-acompañante). En general, la disponibilidad para realizar el viaje en coche-conductor es mayor para los alumnos que trabajan en comparación con los que no trabajan (77 por 100 frente a 56 por 100) y la práctica totalidad de los que tienen disponible el coche-conductor (96 por 100) lo elige.

4. Estimación de los modelos y análisis de los resultados

En este apartado se presentan las estimaciones de cuatro modelos: a) un modelo logit multinomial que impone homogeneidad de las preferencias (MNL1), b) un modelo logit multinomial que recoge heterogeneidad sistemática en las preferencias por el tiempo de viaje (MNL2), c) un modelo logit mixto en el que las preferencias por el tiempo de viaje varían de acuerdo a factores no observados (ML1), y d) un modelo logit mixto que captura la existencia tanto de heterogeneidad sistemática como de heterogeneidad no observada en las preferencias por el tiempo de viaje (ML2). Los resultados se muestran en la tabla 2.

El conjunto de elección está formado por los cinco modos de transporte relacionados anteriormente y la función indirecta de utilidad que se especifica en todos los modelos es lineal. Las variables explicativas consideradas son el coste y el tiempo del viaje revelados por los individuos y, además, en el caso del autobús, el tiempo medio que transcurre entre la salida de dos autobuses (TMS), como un indicador más del nivel de servicio de esa alternativa⁵. Todas las variables se introducen con parámetros genéricos y, además, se incluye una constante modal específica para cada una de las alternativas, salvo para la del coche-conductor que se toma como referencia.

De acuerdo con el marco teórico planteado en la sección 2, cabe esperar que los coeficientes estimados para el tiempo y el coste de viaje presenten un signo negativo. Para el coeficiente de la variable TMS se espera también un signo negativo ya que, *ceteris paribus*, un

mayor valor de esta variable aumentaría el tiempo de espera, haciendo menos atractivo el autobús frente al resto de modos.

Como puede observarse, en el primer modelo estimado (MNL1) los signos de los coeficientes son los esperados y, tanto el tiempo como el coste del viaje resultan estadísticamente significativos. La variable TMS, a pesar de no ser estadísticamente significativa, presenta siempre el signo correcto, de ahí que se haya optado por mantenerla (tal y como se sugiere en Ortúzar y Willumsen, 2001).

El modelo MNL se caracteriza por imponer la propiedad de independencia de alternativas irrelevantes (IAI). Sin embargo, dado que algunas de las alternativas pueden compartir características no observadas —como la flexibilidad de horarios, la comodidad, la seguridad, etcétera—, los componentes no observados de sus utilidades podrían estar correlacionados. Para contrastar la existencia de correlación entre alternativas se especificaron diferentes modelos de tipo logit jerárquico en los que se agruparon las alternativas de transporte público y privado en distintos nidos. No obstante, ninguna de las estructuras de correlación analizada resultó estadísticamente significativa, por lo que se descartó la utilización de un modelo jerárquico.

A continuación, con la finalidad de detectar la presencia de heterogeneidad sistemática en las preferencias de los estudiantes, se probaron distintas especificaciones introduciendo interacciones entre el coste y el tiempo de viaje y una serie de variables socioeconómicas observadas. Con este objetivo se definieron variables cualitativas que contenían información sobre el sexo, la edad, el nivel de ingreso familiar, la asignación presupuestaria del alumno, la posesión de vehículo y la situación laboral de los mismos.

La mayor parte de las interacciones no resultaron estadísticamente significativas, lo cual, en parte, puede deberse al elevado grado de homogeneidad de la muestra analizada (estudiantes de ciencias económicas y empresariales, idéntico motivo del viaje,...). Así, por ejemplo, en cuanto a la interacción entre el tiempo de viaje y la situación laboral, cabía esperar que la utilidad marginal de reducir dicho tiempo fuese mayor para los estudiantes que trabajan, ya que éstos disponen de menos tiempo libre. Sin embargo, esta interacción no resultó significativa, quizás debido al reducido peso de los estudiantes que trabajan en el total de la muestra.

Por su parte, en relación con la interacción entre el coste de viaje y la situación laboral, si estar empleado fuese una *proxy* de mayor poder adquisitivo, cabría esperar que la magnitud del parámetro del coste (utilidad marginal del ingreso) fuese menor para los estudiantes que tienen un trabajo remunerado. No obstante, la baja significatividad de esta interacción podría estar motivada, además de por el reducido peso de la submuestra de trabajadores, por el hecho de que los estudiantes que trabajan no necesariamente disponen de mayor poder adquisitivo, ya que éste puede venir determinado por el nivel de ingreso de su unidad familiar.

Tabla 2
Estimación de máxima verosimilitud para MNL y ML ^a

		MNL1	MNL2	ML1	ML2
β_{Tiempo}	<i>Media</i>	-0,04600 (-4,50)	-0,0584 (-4,60)	-0,0706 (-2,89)	-0,0792 (-3,05)
	<i>Spread</i> ^b	— —	— —	0,0800 (2,07)	0,0742 (1,87)
β_{Coste}		-0,0031 (-2,30)	-0,0031 (-2,30)	-0,0033 (-2,65)	-0,0032 (-2,58)
β_{TMS}		-0,0102 (-1,30)	-0,0092 (-1,20)	-0,0120 (-0,96)	-0,0109 (-0,85)
β_{Sexo}		— —	0,0258 (1,90)	— —	0,0248 (1,66)
	$\beta_{COCHE-ACOMP.}$	-2,6780 (-8,50)	-2,7220 (-8,60)	-2,8024 (-8,37)	-2,8121 (-8,38)
<i>Constantes específicas</i>	$\beta_{AUTOBÚS}$	-2,0300 (-6,00)	-2,0480 (-6,10)	-1,9718 (-4,71)	-1,9992 (-4,77)
	$\beta_{CTO.UNIVERS.}$	-1,9010 (-5,20)	-1,9220 (-5,30)	-1,8949 (-4,63)	-1,9058 (-4,66)
	β_{MOTO}	-1,7400 (-2,00)	-1,7480 (-2,00)	-1,8135 (-1,70)	-1,7816 (-1,59)
	$\beta_{A PIE}$	-1,7110 (-4,80)	-1,7390 (-4,90)	-1,5639 (-3,31)	-1,5934 (-3,37)
Log verosimilitud		-224,81	-223,05	-223,48	-222,27

^a Entre paréntesis aparecen los valores del estadístico *t* de significación individual.

^b El *spread* (*s*) es la distancia que hay entre la media (*m*) y el extremo del intervalo en el que se distribuye la variable, de forma que el intervalo se define como [*m-s*, *m+s*].

La única interacción significativa es la que se produce entre el tiempo de viaje y el sexo de los viajeros. Este planteamiento es el que se recoge en el modelo MNL2 que es un logit multinomial donde se incluye una interacción entre la variable tiempo de viaje y una variable *dummy* ($Sexo_q$), que toma valor 1 si es hombre. El componente determinístico de la utilidad de una alternativa para este modelo viene dado por la siguiente expresión:

$$V_{iq} = \beta_i + (\beta_{Tiempo} + \beta_{Sexo}Sexo_q)Tiempo_{iq} + \beta_{Coste}Coste_{iq} + \beta_{TMS}TMS_{iq} \quad [5]$$

donde β_i es la constante específica de la alternativa *i* y el resto de parámetros no varía entre los individuos.

La significatividad estadística del parámetro asociado a la interacción (β_{Sexo}) indica que los hombres y las mujeres conceden distinta importancia al tiempo de viaje cuando deciden el modo en el que se desplazan hasta el centro de estudios. Más específicamente, el signo positivo de β_{Sexo} confirma que la utilidad marginal de reducir tiempo de viaje ($\beta_{Tiempo} + \beta_{Sexo}Sexo_q$) es menor en el caso de los hombres. Este resultado llevaría a descartar la adopción del supuesto tradicional de homogeneidad de los gustos considerada en el modelo MNL1 y a obtener un VSTV diferente de los estudiantes de acuerdo a su sexo, tal y como se analiza en la siguiente sección.

La existencia de heterogeneidad no observada en las preferencias se contrastó a través del test de especificación propuesto por McFadden y Train (2000) ⁶. El resultado del test confirmó la existencia de factores no observados que podrían explicar la variación de los parámetros del tiempo y del coste de viaje en la población y, por tanto, la necesidad de considerar una especificación de parámetros aleatorios. Puesto que la consistencia microeconómica del modelo requiere que ambos parámetros presenten signo negativo, la elección de la distribución que se asume para los mismos es una cuestión relevante. En este caso, la elección de una distribución no acotada como la Normal puede resultar poco apropiada, ya que asigna *necesariamente* una cierta probabilidad a que los parámetros estimados tengan tanto signo positivo como negativo. Cuando el signo del parámetro está predeterminado puede ser más conveniente asumir una distribución acotada, como puede ser la Uniforme o la Triangular ⁷, dado que los límites de la distribución se estiman a partir de los datos. De esta manera, se evita que la forma de la distribución pueda sesgar en favor de la obtención de parámetros con signo contrario al esperado, como ocurre cuando se asume una distribución Normal (véase Hess *et al.*, 2005) ⁸.

En consecuencia, se plantearon modelos logit mixto en los que el parámetro del tiempo y del coste de viaje siguen una distribución Uniforme o Triangular ⁹. Como resultado de este proceso, la especificación que mejor parece recoger las preferencias de los individuos es una en la que el parámetro del tiempo de viaje varía aleatoriamente de acuerdo a una distribución Uniforme (ML1) ¹⁰. En la tabla 2 se presentan los coeficientes estimados para la media y el *spread* que caracterizan la distribución de dicho parámetro. La significatividad del *spread* indica que las preferencias por el tiempo de viaje varían en la población de acuerdo a factores no observados. Este hecho refuerza la hipótesis de existencia de preferencias heterogéneas, que ya se detectó en alguna medida con el modelo MNL2. Sin embargo, no permite identificar si hay alguna relación entre los gustos y las características observadas de los individuos.

Por último, con la finalidad de considerar simultáneamente la existencia de heterogeneidad observada y no observada en las preferencias por el tiempo de viaje, se planteó un modelo logit mixto con interacciones (ML2) que combina los planteamientos de los dos modelos anteriores. Este modelo es análogo al ML1 pero, además, incluye la interacción entre tiempo de viaje y sexo que se especificó en el MNL2. Los resultados muestran que tanto el *spread* del parámetro del tiempo de viaje como la interacción entre tiempo de viaje y sexo son significativamente distintos de cero con más de un 90 por 100 de confianza. Este hecho pone de manifiesto la existencia de fuentes adicionales de heterogeneidad no explicadas por el mode-

lo MNL2, indicando que las preferencias por el tiempo de viaje, además de diferir sistemáticamente en función del sexo, tienden a variar de acuerdo a factores no observados.

Por tanto, de acuerdo a los resultados obtenidos, la especificación que mejor recoge la variación de los gustos en la población y que finalmente se propone usar para calcular el VSTV es el ML2.

5. El valor subjetivo del tiempo de viaje

En este apartado se presenta el valor subjetivo del tiempo de viaje que se obtiene para el modelo propuesto (ML2), así como para el modelo que impone homogeneidad de las preferencias (MNL1) (véase tabla 3). En el caso del modelo ML2, el VSTV promedio para las mujeres se obtiene a directamente partir del cociente $\bar{\beta}_{Tiempo} / \beta_{Coste}$, mientras para los hombres se calcula como $(\bar{\beta}_{Tiempo} + \beta_{Sexo}) / \beta_{Coste}$, donde $\bar{\beta}_{Tiempo}$ es la media de β_{Tiempo} .

Tabla 3
Valores subjetivos del tiempo de viaje (pesetas/minuto) ^a

	Hombres	Mujeres	Total
MNL1	—	—	14,9 (14,3-15,6)
ML2	17 (16,4-17,6)	24,7 (23,7-25,9)	21,5 ^b

^a Entre paréntesis aparecen los intervalos de confianza para un nivel de significación del 5 por 100 que se obtienen cuando se considera que el estimador del VST se distribuye asintóticamente normal. Véase Armstrong *et al.* (2001).

^b Esta cifra es un promedio ponderado teniendo en cuenta que la muestra analizada está constituida por 204 hombres y 290 mujeres.

A partir del modelo ML2 se evidencia que el VSTV promedio de las mujeres es sistemáticamente más elevado que el de los hombres. Este resultado es consistente con el distinto perfil de elección encontrado entre hombres y mujeres y, en particular, con el hecho de que cuando existe la posibilidad de realizar el desplazamiento a pie, las mujeres tiendan a elegir menos esa opción y a decantarse más por una alternativa más cara y rápida como el autobús del circuito universitario. Este hecho podría estar reflejando que las preferencias por aspectos como la seguridad o la comodidad son diferentes entre ambos sexos y, en el caso de las mujeres, el VSTV podría estar recogiendo en parte su disposición a pagar por viajar de manera más segura o más cómoda.

Por otra parte, en lo que respecta a la magnitud de los VSTV promedio estimados, ésta puede parecer un tanto elevada para tratarse de estudiantes universitarios. No obstante, el resultado es consistente con el hecho de que más de la mitad de los individuos acceden al cen-

tro de estudio conduciendo un vehículo privado y probablemente esté influenciado en cierta medida por las preferencias y el nivel de ingreso de las familias a las que pertenecen. En este sentido, los resultados pueden estar reflejando el hecho de que la muestra contenga información exclusivamente de estudiantes de Ciencias Económicas y Empresariales y no se disponga de observaciones de estudiantes de otras titulaciones en las que tradicionalmente el nivel de ingreso familiar es más bajo. Por este motivo, los valores obtenidos deben tomarse con cautela si desean extrapolarse a otros contextos de estudio similar.

Por último, cabe resaltar que cuando se emplea un modelo que impone la homogeneidad de los gustos (MNL1) se obtiene un VSTV promedio aproximadamente un 30 por 100 más bajo que cuando se permite que los gustos por el tiempo de viaje varíen tanto sistemática como aleatoriamente (ML2). Esto pone de manifiesto que el uso de especificaciones restrictivas como el MNL podría llevar a infravalorar el VSTV.

No obstante, la evidencia empírica disponible hasta el momento muestra que esta conclusión no es general, ya que los resultados parecen depender de la naturaleza de los datos y de las especificaciones utilizadas en cada estudio. Así, por ejemplo, mientras Hensher (2001a, b) y Sillano y Ortúzar (2005) encuentran que los modelos más restrictivos tienden a subestimar el VSTV, otros autores no detectan diferencias significativas entre los valores que resultan de los distintos modelos (Train, 1998; Carlsson, 2003) o incluso obtienen VSTV más bajos cuando especifican modelos logit mixto (Algers *et al.*, 1998).

Una posible explicación a estas discrepancias observadas a nivel empírico es el reescalamiento que experimentan todos los parámetros cuando se pasa de una especificación de parámetros fijos a una donde uno o varios parámetros varían de forma aleatoria, tal y como señalan Sillano y Ortúzar (2005). En la práctica, si todos los parámetros se reescalasen en la misma proporción, los valores subjetivos del tiempo no tendrían por qué verse afectados al pasar de una especificación de parámetros fijos a una de parámetros aleatorios. La evidencia empírica muestra, sin embargo, que no todos los parámetros se reescalan en la misma magnitud. Esto podría deberse a un problema similar al que ocurre cuando se omite una variable relevante si consideramos que en el logit mixto se introducen parámetros que captan variación en los gustos que son omitidos en una especificación de parámetros fijos. Por lo tanto, este razonamiento explicaría que en función de las variables incluidas, de la forma funcional adoptada para la función indirecta de utilidad y de la naturaleza de los datos, un modelo donde se imponen parámetros fijos pueda conducir a sobre/subestimar los valores del tiempo.

6. Conclusiones

Con la finalidad de derivar el VSTV de estudiantes universitarios, en este trabajo se ha utilizado una especificación flexible de un modelo de elección de modo de transporte que permite captar la heterogeneidad de las preferencias mediante la combinación de dos métodos: introduciendo interacciones entre los atributos de los modos de transporte y las características observadas de los individuos y especificando parámetros aleatorios. De esta manera, es

posible detectar la existencia tanto de heterogeneidad sistemática como de heterogeneidad no observada en las preferencias de los estudiantes.

Los resultados ponen de manifiesto que, a pesar de la homogeneidad de la muestra analizada, el modelo que incorpora ambos tipos de heterogeneidad de las preferencias explica mejor las elecciones de los estudiantes que un modelo que impone la homogeneidad de las mismas, encontrándose evidencia significativa de que las preferencias por el tiempo de viaje tienden a variar de acuerdo al sexo de los estudiantes y a otros factores no observados.

Del análisis efectuado se desprende que la disposición a pagar por ahorrar tiempo de viaje en el caso de las mujeres podría llegar a ser en promedio un 40 por 100 mayor que en el caso de los hombres. Una posible explicación a este resultado es que el VSTV podría estar recogiendo en alguna medida la disposición a pagar por aspectos como aumentar la seguridad o la comodidad del viaje y no sólo la disposición a pagar por ahorrar tiempo de viaje. En este sentido, para poder aislar la disposición al pago por los distintos atributos, sería deseable poder incluir variables que midiesen el nivel de seguridad o comodidad que caracteriza a cada una de las alternativas de transporte.

Por último, la evidencia empírica aportada en este estudio sugiere que la utilización de modelos que imponen homogeneidad en los gustos podrían llevar a infravalorar el VSTV. En el caso analizado, el VSTV que se obtiene a partir de un logit multinomial con preferencias homogéneas es un 30 por 100 inferior al que se deriva del modelo con preferencias heterogéneas. Los resultados obtenidos en otros contextos de estudio ponen de manifiesto que no hay unas implicaciones claras del uso de especificaciones más flexibles con la finalidad de derivar el VSTV. Por ello, para evitar incurrir en sesgos importantes en la estimación de VSTV, parece necesario que en cada caso se contraste empíricamente la existencia de variación en los gustos en la población objeto de estudio.

Notas

1. En este contexto, se podría justificar que el parámetro del tiempo de viaje en un modo pueda ser cero en el caso en que el individuo asigne a viajar en ese modo una cantidad de tiempo superior al tiempo mínimo de viaje, como puede ocurrir, por ejemplo, en un viaje por motivo de ocio.
2. También se probaron especificaciones de tipo logit jerárquico (Williams, 1977) con el propósito de contrastar si había correlación entre determinados modos de transporte incluidos en un nido.
3. El cuestionario utilizado se encuentra en el apéndice de este trabajo.
4. Por semana normal se hace referencia a una semana que no tenía días de fiesta ni precedía o era posterior a un período vacacional.
5. El coste del viaje está expresado en pesetas, mientras que el tiempo de viaje y el TMS se expresan en minutos.
6. Estos autores proponen un test para contrastar la existencia de parámetros aleatorios, proporcionando así un criterio estadístico para aceptar o rechazar el modelo MNL con parámetros fijos. Para llevar a cabo el test es necesario construir una variable artificial por cada una de las variables para las que se espera que exista heterogeneidad no observada. El modelo MNL se vuelve a estimar entonces incluyendo estas variables artificiales como variables explicativas, rechazándose la hipótesis nula de parámetros fijos si las variables artificiales son estadísticamente significativas. En nuestro caso, se introduce una variable artificial para el tiempo de viaje y

otra para el coste, y un test de razón de verosimilitud (RV) lleva a rechazar la hipótesis nula de parámetros fijos ($RV = 11 > \chi_{95\%,2}^2$).

7. La distribución Triangular se caracteriza por definirse en un intervalo $[m-s, m+s]$, en el que la densidad de probabilidad crece linealmente desde $(m-s)$ hasta m , y a partir de ahí decrece linealmente hasta $(m+s)$. Además, vale cero para valores inferiores a $(m-s)$ y superiores a $(m+s)$. La media de la distribución es m , el spread es s y la varianza es $s^2/6$.
8. Véase también Hensher y Greene (2003) y Train y Sonnier (2004), para una discusión sobre la elección de la distribución de los parámetros aleatorios.
9. Los modelos con parámetros aleatorios se estimaron por máxima verosimilitud *simulada* (Train, 2003) utilizando el código escrito por K. Train, D. Revelt y P. Ruud en GAUSS. Este código está disponible en la página web de K. Train: <http://elsa.Berkeley.EDU/~train/>. Por su parte, los parámetros se estimaron a partir de 125 extracciones de Halton, ya que a partir de ese número los valores de los parámetros permanecían estables.
10. Cabe señalar que si se asume una distribución Triangular, los resultados no difieren significativamente de los obtenidos para el ML1.

Referencias

- Algers, S., P. Bergström, M. Dahlberg y J. L. Dillén (1998), "Mixed Logit Estimation of the Value of Travel Time", *Working Paper*, Department of Economics, Uppsala University.
- Amador, F. J. y R. M. González (2003), "La Heterogeneidad de los Gustos y las Medidas de Bienestar con Modelos de Elección Discreta", presentado en el *VI Encuentro de Economía Aplicada*, Granada, junio 2003.
- Armstrong, P., R. Garrido y J. de D. Ortúzar (2001), "Confidence Intervals to Bound the Value of Time", *Transportation Research*, 37E: 143-161.
- Bates, J. (1987), "Measuring Travel Time Values with a Discrete Choice Model: a Note", *The Economic Journal*, 97: 493-498.
- Ben-Akiva, M. y S. Lerman (1985), *Discrete Choice Analysis*, Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Bhat, C. R. (1998), "Accommodating Variations in Responsiveness to Level-of-Service Measures in Travel Mode Choice Modeling", *Transportation Research*, 32A: 495-507.
- Breffle, W. S. y E. R. Morey (2000), "Investigating Preference Heterogeneity in a Repeated Discrete-Choice Recreation Demand Model of Atlantic Salmon Fishing", *Marine Resource Economics*, 15: 1-20.
- Carlsson, F. (2003), "The Demand for Intercity Public Transport: The Case of Business Passengers", *Applied Economics*, 35 (1): 41-50.
- Cherchi, E. y J. de D. Ortúzar (2003), "Alternative Specific Variables in Non-Linear Utility Functions: Influence of Correlation, Homoscedasticity and Taste Variations", presentado en *10th International Conference on Travel Behaviour Research*, Lucerne, agosto 2003.
- DeSerpa, A. (1971), "A Theory of the Economics of Time", *The Economic Journal*, 81: 828-846.
- Domencich, T. y D. McFadden (1975), *Urban Travel Demand: A Behavioural Analysis*, North-Holland, Amsterdam.
- González Marrero, R. (1997), "The Value of Time: a Theoretical Review", *Transport Reviews*, 17 (3): 245-266.

- Hensher, D. A. (2001a), "Measurement of The Value of Travel Time Savings", *Journal of Transport Economics and Policy*, 35: 71-98.
- Hensher, D. A. (2001b), "The Valuation of Commuter Travel time Savings for car Drivers: Evaluating Alternative Model Specifications", *Transportation*, 28: 101-118.
- Hensher, D. A. (2001c), "The Sensitivity of the Valuation of Travel Time Savings to the Specification of Unobserved Effects", *Transportation Research*, 37E: 129-142.
- Hensher, D. A. y W. H. Greene (2003), "The Mixed Logit Model: The State of Practice", *Transportation*, 30 (2): 133-176.
- Hess, S., M. Bierlaire y J. W. Polak (2005), "Estimation of Value of Travel-Time Savings Using Mixed Logit Models", *Transportation Research*, 39A: 221-236.
- Jara-Díaz, S. R. (1998), "Time and Income in Travel Choice: Towards a Microeconomic Activity Framework", en T. Gärling, T. Laitila y K. Westin (eds.), *Theoretical Foundations of Travel Choice Modelling*, Elsevier, 51-73.
- Mackie, P. J., S. Jara-Díaz y A. S. Fowkes (2001), "The Value of Travel Time Savings in Evaluation", *Transportation Research*, 37E: 91-106.
- McFadden, D. (1974), "The Measurement of Urban Travel Demand", *Journal of Public Economics*, 3: 303-328.
- McFadden, D. y K. Train (2000), "Mixed MNL Models for Discrete Response", *Journal of Applied Econometrics*, 15 (5): 447-470.
- Ortúzar, J. de D. y L. Willumsem (2001), *Modelling Transport*, 3.^a ed., Wiley, Chichester.
- Pollack, R. A. y T. J. Wales (1992), *Demand System Specification and Estimation*, New York: Oxford University Press.
- Sillano, M. y J. de D. Ortúzar (2005), "Willingness-to-Pay Estimation with Mixed Logit Models: Some New Evidence", *Environment and Planning*, 37A (3): 525-550.
- Train, K. (1986), *Qualitative Choice Analysis: Theory, Econometrics, and an Application to Automobile Demand*, Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Train, K. (1998), "Recreation Demand Models with Taste Differences Over People", *Land Economics*, 74 (2): 230-239.
- Train, K. (2003), *Discrete Choice Methods with Simulation*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Train, K. y D. McFadden (1978), "The Goods/Leisure Trade-off and Disaggregate Work Trip Mode Choice Models", *Transportation Research*, 12: 349-353.
- Train, K. y G. Sonnier (2004), "Mixed Logit with Bounded Distributions of Correlated Partworths", en A. Alberini y R. Scarpa (eds.), *Applications of Simulation Methods in Environmental Resource Economics*, Kluwer Academic Publisher.
- Walker, J., M. Ben-Akiva y D. Bolduc (2004), "Identification of the Logit Kernel (or Mixed Logit) Model", enviado a *Journal of Applied Econometrics*, http://mit.edu/jwalker/www/JW_LK2.pdf.
- Williams, H. C. W. L. (1977), "On the Formation of Travel Demand Models and Economic Evaluation Measures of User Benefit", *Environment and Planning* 9A: 285-344.

Abstract

This paper examines the sensitivity of value of travel time savings (VTTS) to assumptions on individual preferences in a random utility discrete choice framework. Preferences heterogeneity is incorporated by introducing random parameters and by interacting characteristics of travel modes with characteristics of the individual. The data set is a revealed preference survey on student travel mode choice. The results indicate that there is a systematic influence of gender on VTTS and additional heterogeneity is explained by unobserved characteristics. The evidence also suggests model specifications that impose preferences homogeneity tend to produce lower estimates of VTTS compared with more flexible structures that allow random variation of parameters over individuals. However, the degree of underestimation seems to be context dependent.

Key words: Random utility discrete choice models, preference heterogeneity, subjective value of travel time, random parameter logit.

JEL classification: R41, C25, D61.

Apéndice

Questionario

FECHA

	Día				

 HORA

 SEXO 1. Hombre 2. Mujer EDAD

ESTUDIOS: _____ CURSO: _____ GRUPO: _____

1	ORIGEN DEL VIAJE Barrio _____ Localidad _____	2 LUGAR DE RESIDENCIA HABITUAL Localidad _____ Isla _____	3 HORA DE SALIDA Hora Min. 	4 MODO DE TRANSPORTE UTILIZADO (1) Coche propio (2) Acompañante - coche (3) Autobús (4) Circuito universitario (5) Moto (6) Bicicleta (7) Andando (8) Otro. Especifique: _____	5 DURACIÓN DEL VIAJE En minutos: _____ En caso de que el modo utilizado sea el autobús , clasifique la duración total del viaje en: Tiempo de acceso a la parada Tiempo de espera en la parada Tiempo de viaje en vehículo
----------	--	--	--	---	---

6 COSTE DEL VIAJE En pts.: _____ En caso de viajar gratis , especifique el motivo: _____	7 SEÑALE QUE OTROS MODOS DE TRANSPORTE TUVO DISPONIBLES E INDIQUE PARA LOS MISMOS CUAL HUBIESE SIDO EL TIEMPO Y EL COSTE DEL VIAJE (1) Coche propio (2) Acompañante-Coche (3) Autobús (4) Circuito universitario (5) Moto (6) Bicicleta (7) Andando	8 ¿EL MODO DE TRANSPORTE QUE UTILIZÓ HOY ES EL HABITUAL? (1) SI (Pasar a la pregunta 9) (2) NO En caso de que su respuesta sea NO : - Especifique el modo de transporte utilizado habitualmente: _____ - El tiempo total de duración del viaje en dicho modo, en minutos: _____ Si el modo utilizado habitualmente es el autobús , clasifique la duración total del viaje en: Tiempo de acceso a la parada Tiempo de espera en la parada Tiempo de viaje en vehículo - El coste del viaje, en pts.: _____
--	---	---

9 MOTIVO PRINCIPAL POR EL QUE ELIGIÓ EL MODO DE TRANSPORTE HABITUAL (1) Flexibilidad de horario (2) Es más barato (3) Es más rápido (4) Es más seguro (5) Es más frecuente (6) Tiene mayor certidumbre sobre la hora de llegada a la facultad (7) Otro. Especifique cuál: _____	10 ¿CAMBIARÍA USTED DE MODO DE TRANSPORTE? (1) SI (2) NO (Pasar a la pregunta 11) En caso de que su respuesta sea SI : - ¿A qué modo cambiaría?: _____ - ¿Bajo qué circunstancias?: (1) si fuera más frecuente (2) si fuera más puntual (3) si fuera más rápido (4) si fuera más barato (5) si no existiera la posibilidad de que te dejara en la parada cuando va llena (6) si se ampliase la franja horaria en la que opera el modo (7) otra. Especifique cuál: _____	11 ¿CON QUE MODO CREE USTED QUE ES MÁS IMPROBABLE LLEGAR CON PUNTUALIDAD A LA FACULTAD? 12 INDIQUE ALGÚN COMENTARIO O SUGERENCIA ACERCA DE CÓMO MEJORAR LAS CONDICIONES DEL TRANSPORTE _____ _____ _____
---	--	--

13 ¿TRABAJA USTED? (1) SI. Especifique en qué: _____ (2) NO. ¿Dispone de alguna asignación mensual? (SI) ¿Cuánto? _____ (No)	14 INGRESO MENSUAL: - De su familia, si usted no trabaja - Suyo, si usted trabaja (1) Menos de 75.000 pts. (2) Entre 75.000 y 150.000 pts. (3) Entre 150.000 y 250.000 pts. (4) Entre 250.000 y 400.000 pts. (5) Más de 400.000 pts.	15	¿CUÁNTOS MIEMBROS HAY EN SU FAMILIA (incluido usted)? ¿CUÁNTOS TIENEN CARNET DE CONDUCIR (incluido usted)? ¿CUÁNTOS COCHES HAY EN SU FAMILIA?
---	--	-----------	--