

EL ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE DE MERCANCÍAS: REVISIÓN METODOLÓGICA DEL ESTADO DE LA CUESTIÓN Y RESULTADOS EMPÍRICOS*

Cristina Borra Marcos
Luis Palma Martos**

RESUMEN

La ciencia del transporte se ha ocupado tradicionalmente del diseño de modelos relativos al movimiento de pasajeros, relegando a un segundo plano el análisis de los desplazamientos de mercancías, a pesar de su singular importancia para el buen funcionamiento de una economía. El presente artículo plantea una revisión de los fundamentos metodológicos relativos al análisis de la demanda de transporte de mercancías, desde el punto de vista microeconómico. En concreto se presentan los diferentes tipos de modelos disponibles y su correspondiente método econométrico de estimación. Al objeto de realizar una evaluación comparativa de éstos, el trabajo concluye con un examen de los valores obtenidos para las elasticidades precio en los distintos trabajos revisados.

PALABRAS CLAVE: demanda de transporte, transporte de mercancías, modelos econométricos, elasticidades de la demanda de mercado.

ABSTRACT

Despite the widely recognized significance of freight transport for a region's economy, the field of transportation science has focused traditionally on the analytical modeling of passenger systems, relegating the analysis of freight transportation. This paper reviews the methodological framework underlying freight transportation demand analysis, from the microeconomic perspective. Particularly, it presents the different types of models available and their corresponding econometric method of estimation. In order to The exposition concludes with a comparative evaluation of the price-elasticity estimates obtained in the reviewed papers.

KEYWORDS: transport demand, freight transport, econometric models, market demand elasticities.

1. INTRODUCCIÓN

La Economía del Transporte constituye, para la ciencia española, una rama del conocimiento de desarrollo relativamente reciente. En la última década han aparecido diversas obras

(*) Original recibido en diciembre de 2004 y revisado en julio de 2005.

(**) Profesora Asociada y Profesor Titular de Universidad del Departamento de Teoría Económica y Economía Política de la Universidad de Sevilla.

colectivas sobre la materia,¹ a la que incluso se le ha dedicado algún número monográfico en revistas ampliamente divulgadas.²

En este contexto, sorprende la escasez de estudios dedicados al análisis de la demanda de transporte de mercancías. Una escasez que contrasta, por un lado, con la profusión de trabajos relativos a la demanda de transporte de pasajeros;³ y por otro, con la importancia relativa del transporte de mercancías tanto desde el punto de vista de la competitividad y el desarrollo regional como desde la perspectiva de los efectos externos negativos, sobre la seguridad o el medio ambiente, a los que puede dar lugar.

Quizás, como señalan Ortúzar y Willumsen (2001, p.331), la explicación de este fenómeno proceda, en parte, del hecho de que el transporte de mercancías involucra a muchos más agentes que el movimiento de personas. En primer lugar, encontramos a la empresa, o empresas, que envían o reciben los bienes. En segundo, aparecen los demandantes del servicio y los agentes encargados del transporte en sí. Y además existen muchos otros organizando interconexiones, permitiendo el almacenaje, facilitando la inspección de aduanas, decidiendo la inversión en infraestructuras o estableciendo el marco legal subyacente. En algunos casos, dos o más de estos agentes pueden coincidir, como en el caso del transporte por cuenta propia, pero siempre cabe la posibilidad de que existan entre ellos objetivos encontrados, difíciles de representar mediante un modelo teórico, en la práctica.

En cualquier caso, el estudio de los sistemas interurbanos de transporte de mercancías no se ha visto sometido al mismo grado de formalización teórica y matemática que el análisis de los sistemas urbanos de transporte de pasajeros. Dado que su análisis no se encuentra tan desarrollado, parece interesante recoger el actual estado de la cuestión en esta materia.

El presente trabajo revisa los fundamentos metodológicos relativos al análisis de la demanda de transporte de mercancías, centrándonos, fundamentalmente, en el enfoque microeconómico. Las características fundamentales de las diversas aproximaciones se recogen en el siguiente apartado. A continuación se recogen, en sendos epígrafes, los dos tipos de modelos normalmente considerados desde el enfoque microeconómico: agregados y desagregados. Finalmente, el trabajo compara las estimaciones empíricas de la elasticidad precio de la demanda de transporte de mercancías de los distintos estudios.

2. LOS DISTINTOS ENFOQUES

Puede decirse, siguiendo a Harker (1987, pp.8-9) y Ortúzar y Willumsen (2001, pp.333-338), que existen tres enfoques fundamentales en el análisis de la demanda de transporte

(1) Véase por ejemplo Herce y De Rus (1996) o De Rus y Nash (1998)

(2) Nos referimos al número 82 de *Papeles de Economía Española*, de 1999.

(3) Matas y Raymond (1999) o Bel i Queralt (1994). Debe reconocerse que España no constituye en este aspecto una excepción. En general, en los foros académicos internacionales (ver p.e. Hensher y Button, 2000), la conducta del consumidor, que decide la frecuencia de sus viajes o el modo de transporte, ha recibido una atención mucho mayor que la conducta del responsable logístico de la empresa, que toma decisiones similares para el transporte de sus materias primas y productos terminados.

de mercancías. El enfoque input-output, los modelos de interacción espacial y la perspectiva microeconómica.

En el primer caso, se analizan las interrelaciones entre diferentes sectores de una economía. Identificando el transporte como uno de estos sectores, puede calcularse, para cada uno de los sectores restantes, sus requerimientos de transporte. Posteriormente pueden traducirse éstos en flujos de mercancías.⁴ Los modelos input-output multirregionales de Leontieff y Strout (1963), Liew y Liew (1985) o Inamura y Srisurapanon (1998) constituyen ejemplos cualificados de este tipo de análisis.

El segundo enfoque está constituido por los modelos de interacción espacial. En ellos, se localizan superávits y déficits de los productos en puntos concretos del espacio. A continuación se postula un procedimiento –consistente, en general, en la minimización de los costes de transporte– por el que los flujos se producen desde los puntos con exceso de oferta hacia los puntos con exceso de demanda. Es frecuente que en este tipo de modelos la infraestructura del sistema de transporte quede representada mediante una red de nodos y arcos, a la que se le asignan los flujos de tráfico. A este grupo pertenecen estudios como el seminal modelo Harvard-Brookings de Kresge y Roberts (1971), el modelo generalizado de equilibrio espacial de Harker (1987) o, más recientemente, el modelo de transporte GIS (Sistema de información geográfica) de Beuthe et al. (2001).

Por último, hallamos el enfoque microeconómico, también llamado econométrico. Analicemos esta última alternativa con algo más de detalle.

En este enfoque, la unidad de decisión es la empresa que, inmersa en una actividad económica espacialmente distribuida, requiere servicios de transporte. Puede necesitar traer materias primas a las plantas productivas, enviar productos intermedios a otros establecimientos, trasladar el producto terminado a los almacenes de distribución, o redistribuirlo a los consumidores finales. El transporte se considera un factor productivo más y su demanda se integra en el proceso optimizador de la empresa. Como señala Winston (1983), la decisión del transporte puede proceder del departamento de transportes de la empresa emisora o receptora, del correspondiente departamento de distribución y logística o simplemente emanar del problema de maximización de beneficios de la empresa. Diferentes modelos de demanda de transporte de mercancías se obtendrán de distintos supuestos relativos al proceso de toma de decisiones.

Este tipo de modelos se caracteriza, además, por el empleo de técnicas econométricas para la obtención de relaciones estructurales entre las variables del sistema (Boyer, 1997, p.49).

Por último, es necesario destacar, siguiendo a Harker (1987), que, en general, los estudios pertenecientes a este enfoque no consideran una descripción detallada de la red

(4) Como señalan Regan y Garrido (2002), este tipo de modelos predice el nivel de la demanda de transporte de mercancías, pero no provee una función analítica de ésta.

de transportes. Las complejidades del sistema real de transportes se ignoran, a menudo por causa de la falta de datos relativos a enlaces concretos. Frecuentemente, la dimensión espacial se incluye únicamente a través de la consideración de la distancia entre los puntos de origen y destino.

A efectos de una primera aproximación y al objeto de establecer un marco en el que comparar los diferentes modelos pertenecientes a este enfoque, se presenta a continuación una posible formalización de la teoría subyacente.⁵

Para comenzar, se entiende que el demandante de los servicios de transporte de mercancías es una empresa con nodos espacialmente separados que utiliza a distintos oferentes para trasladar la mercancía. En principio, los nodos pueden ser de tres tipos: orígenes O , destinos D , o puntos intermedios I (como almacenes de distribución o terminales intermodales). En estas condiciones, cabe encontrarse flujos que vayan desde los orígenes hasta los destinos, directamente o vía puntos intermedios, pero no al revés.

El demandante debe seleccionar, para el envío de cada mercancía $k \in K$, desde el origen $i \in O$ hasta su destino $j \in D$, aquella senda $p \in A$ que mejor se ajuste a sus exigencias. Se supone que al elegir la senda, elige entre los posibles oferentes y sus modos de transporte correspondientes.

Por ello, la elección de una senda p implica la elección de un conjunto determinado de características del servicio. Éstas pueden representarse mediante un vector s_p^k . Este vector de características de los transportistas (o de los modos) que se han de emplear en el traslado de las mercancías desde el origen hasta el destino constituye un input del proceso productivo general del demandante. Es un factor en la adquisición de materias primas y en la producción y distribución de los bienes terminados.

Sea \mathbf{x}^1 el vector de factores productivos de la empresa, distintos del transporte, (como el trabajo y el capital) y \mathbf{w}^1 su correspondiente vector de precios. Sea \mathbf{x}^2 el vector de recursos de transporte, donde cada elemento de \mathbf{x}^2 es el flujo de la mercancía k que se envía desde el origen i hasta el destino j por la senda p , X_{ijp}^{2k} . El vector de tarifas de transporte correspondiente es \mathbf{w}^2 . En estas condiciones el gasto total de la empresa es $\mathbf{w}^1 \mathbf{x}^1 + \mathbf{w}^2 \mathbf{x}^2 = \mathbf{w}' \mathbf{x}$

Del mismo modo, sea Z_{ij}^k la cantidad total del bien k enviada desde el origen i hasta el destino j por cualquier senda posible. Llamando z al vector correspondiente a estos flujos, si la tecnología viene representada por la función $T(\mathbf{x}, \mathbf{z}, \mathbf{s}_p^k)$, entonces puede expresarse la función de costes de la empresa como:

$$C(\mathbf{z}, \mathbf{w}) = \min_{\mathbf{x}, \mathbf{s}_p^k} \mathbf{w}' \mathbf{x} \quad [1]$$

sujeto a $T(\mathbf{z}, \mathbf{x}, \mathbf{s}_p^k) \leq 0$

(5) El modelo se basa ampliamente en Daughety (1985). No obstante, la teoría de la empresa subyacente puede consultarse también en Varian (1992, pp.1-112).

Esta función expresa que, dados el vector de cantidades a enviar \mathbf{z} y los precios de los factores \mathbf{w} , la empresa modifica las sendas (y con ellas el correspondiente vector de características \mathbf{s}_p^k) y el vector de factores productivos totales \mathbf{x} , hasta alcanzar el mínimo gasto.

Por otro lado, la empresa obtiene ingresos procedentes de la venta de las mercancías. Sea P_j^k el precio de la mercancía k en el mercado de destino j . En estas circunstancias, la función de ingresos totales de la empresa es:

$$R(\mathbf{p}, \mathbf{z}) = \sum_{k \in K} \sum_{j \in D} \sum_{i \in O} P_j^k z_{ij}^k \quad [2]$$

donde \mathbf{p} representa el vector de precios correspondiente al vector de bienes \mathbf{z} .

La función de beneficios puede obtenerse entonces fácilmente:

$$\pi(\mathbf{p}, \mathbf{w}) = \max_{\mathbf{z}} R(\mathbf{p}, \mathbf{z}) - C(\mathbf{z}, \mathbf{w}) \quad [3]$$

Una vez definidas las funciones de costes y de beneficios, la demanda de servicios de transporte puede obtenerse inmediatamente.

En primer lugar, y partiendo de la función de costes [ecuación 1], puede emplearse el lema de Shephard para obtener la demanda condicionada por parte de la empresa del factor transporte.

$$\mathbf{x}^{2*}(\mathbf{z}, \mathbf{w}) = \mathbf{D}_{\mathbf{w}^2} C(\mathbf{z}, \mathbf{w}) \quad [4]$$

donde $\mathbf{D}_{\mathbf{w}^2}$ es el vector gradiente respecto a \mathbf{w}^2 , esto es, el vector de las derivadas parciales de $\mathbf{C}(\mathbf{z}, \mathbf{w})$ respecto a \mathbf{w}^2 . Esta demanda se denomina condicionada porque depende del valor del output \mathbf{z} que se considere. Como señalan Oum et al. (1992), dado que el valor del output se mantiene constante para la obtención de [4], las medidas de elasticidad asociadas a esta ecuación reflejan únicamente el efecto sustitución de un cambio en los precios, pero no el efecto producto.

En segundo lugar, y partiendo ahora de la función de beneficios, puede obtenerse, empleando en este caso el lema de Hotelling, la función de demanda del factor transporte no condicionada:

$$\mathbf{x}^{2*}(\mathbf{p}, \mathbf{w}) = -\mathbf{D}_{\mathbf{w}^2} \pi(\mathbf{p}, \mathbf{w}) \quad [5]$$

donde de nuevo $\mathbf{D}_{\mathbf{w}^2}$ es el vector gradiente respecto a \mathbf{w}^2 , en este caso, el vector de las derivadas parciales de $\pi(\mathbf{p}, \mathbf{w})$ respecto a \mathbf{w}^2 . Como se observa, ahora la cantidad de los outputs productivos es endógena al modelo. Por este motivo, las medidas de elasticidad asociadas a la ecuación [5] recogen tanto el efecto sustitución como el efecto producto de un cambio en los precios.

Nótese que la anterior descripción supone que todas las variables varían continuamente, especialmente \mathbf{x} , \mathbf{z} y \mathbf{s}_p^k . No obstante, es posible que \mathbf{s}_p^k no pueda ajustarse, debido a restricciones institucionales, tales como la regulación estatal. En este caso, tanto la función de costes C como la función de beneficios π contendrían las variables de servicio, pues éstas no habrían sido eliminadas en la optimización. Gran parte de los estudios examinados contemplan este tipo de situaciones, por lo que, en ellos, las funciones de demanda condicionada e incondicionada toman la forma, respectivamente:

$$\mathbf{x}^{2*}(\mathbf{z}, \mathbf{w}, \mathbf{s}_p^k) = D_{\mathbf{w}^2} C(\mathbf{z}, \mathbf{w}, \mathbf{s}_p^k) \quad [6]$$

$$\mathbf{x}^{2*}(\mathbf{p}, \mathbf{w}, \mathbf{s}_p^k) = -D_{\mathbf{w}^2} \pi(\mathbf{p}, \mathbf{w}, \mathbf{s}_p^k) \quad [7]$$

En este trabajo, seguiremos la convención de Winston (1983) de distinguir entre estudios agregados y estudios desagregados, según la naturaleza de la información empleada.⁶ En los modelos agregados, la unidad básica de información es la participación agregada de un modo concreto de transporte a nivel regional o nacional; en los desagregados, la unidad básica de información la constituye la elección individual de un modo de transporte concreto para un envío determinado. Analicemos seguidamente estas dos categorías de modelos.

3.- EL ENFOQUE MICROECONÓMICO: MODELOS AGREGADOS

El primer grupo de modelos agregados a que nos referiremos son los *modelos neoclásicos agregados*. Éstos suponen que la empresa cargadora es un agente minimizador de costes que opera en mercados competitivos, tanto del producto, como de los factores de producción. El transporte es considerado un recurso más en la producción de bienes y servicios.

Desde el punto de vista teórico, el modelo especifica, en primer lugar, la función de costes de la empresa y obtiene la demanda de transporte correspondiente a cada modo concreto mediante el lema de Shephard.

Desde el punto de vista empírico, la mayor parte de los trabajos recientes en esta área utilizan la función de costes translogarítmica. Ésta pertenece al conjunto de formas funcionales flexibles introducidas en la década de los setenta al objeto de superar la restricción existente en las funciones de costes Cobb-Douglas o similares en las que las elasticidades de sustitución entre los factores son unitarias o constantes. Como señalan Oum y Waters II (1998) la función translog se ha convertido rápidamente en la función más aplicada, debido a que

(6) Zlaoper y Austrian (1989) o Abdelwahab y Sargious (1992) emplean también esta clasificación. Regan y Garrido (2002) utilizan sin embargo un criterio espacial (transporte internacional, transporte interurbano y transporte urbano).

es sencilla de estimar e interpretar. Además, es frecuente entenderla como una aproximación de segundo orden a una forma funcional desconocida.⁷ Pese a constituir un modelo lineal en los parámetros, al incluir términos de interacción entre las variables, puede simular gran cantidad de curvaturas cuando se utiliza para aproximar otra función. Formalmente, para K outputs y L inputs:

$$\ln C = \alpha_0 + \sum_{k=1}^K \alpha_k \ln z_k + \sum_{l=1}^L \beta_l \ln w_l + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^K \sum_{r=1}^K \chi_{kr} \ln z_k \ln z_r + \frac{1}{2} \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^L \delta_{lm} \ln w_l \ln w_m + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L \gamma_{kl} \ln z_k \ln w_l \quad [8]$$

donde \mathbf{z} es un vector de outputs y \mathbf{w} es un vector de inputs.⁸

En la práctica, esta función de costes se estima conjuntamente con las ecuaciones de participación en el coste correspondientes a los factores de producción considerados – normalmente el trabajo y los distintos modos de transporte.⁹ Además se incorporan una serie de restricciones en los parámetros para que la función de costes estimada cumpla las propiedades que implica la teoría dual de la producción (Jorgenson, 1986). Estas suelen denominarse restricciones de simetría¹⁰, homogeneidad¹¹ y agotamiento de los costes¹².

Debe tenerse en cuenta que metodológicamente nada impide que este tipo de modelos se estime con datos individuales obtenidos para distintas empresas. Sin embargo, la totalidad de los estudios que se conocen han empleado información agregada por regiones o zonas geográficas, probablemente obtenida de fuentes secundarias.

A partir de los parámetros estimados, es fácil obtener los valores de las elasticidades de sustitución parciales de Allen.¹³ Y, a partir de ellas, las elasticidades precio y las elasticidades cruzadas de la demanda de los distintos factores.¹⁴ En cualquier caso, los valores calculados corresponden a estimaciones de elasticidades de la demanda compensada –que supone constante el nivel de producción– y no de la demanda total.¹⁵

(7) Greene (1999, p.200) o Jorgenson (1986) ofrecen sendas posibilidades de obtención de esta forma funcional.

(8) Obsérvese además que si todos los parámetros de segundo orden se anulan, entonces se reduce a la conocida función Cobb-Douglas.

(9) Para cada factor considerado, $s_i = \frac{\partial \ln C(\mathbf{z}, \mathbf{w})}{\partial \ln w_i} = \beta_i + \sum_{k=1}^L \delta_{ik} \ln w_k + \sum_{k=1}^K \gamma_{ik} \ln z_k$

(10) $\chi_{kr} = \chi_{rk}$, $\delta_{lm} = \delta_{ml}$, $\gamma_{kl} = \gamma_{lk}$

(11) $\sum_{m=1}^L \delta_{lm} = 0, \forall l$, $\sum_{k=1}^K \gamma_{kl} = 0, \forall k$

(12) $\sum_{l=1}^L \beta_l = 1$

(13) Para la función translog se obtienen mediante la fórmula $\sigma_{ij} = \frac{\delta_{ij} + S_i S_j}{S_i S_j}$ (Berndt y Wood, 1975).

(14) Pues por definición, $\sigma_{ij} = \frac{\epsilon_{ij}}{S_j}$, donde ϵ_{ij} es la elasticidad cruzada medida sobre la demanda compensada del factor.

(15) El trabajo de Dourm et al. (1992) aclara el tipo de elasticidad que se obtiene a partir de cada modelo.

La presentación de los modelos neoclásicos agregados aquí realizada se corresponde prácticamente con la versión utilizada por Friedlaender y Spady (1980) y Oum (1979a). Existe además otro trabajo de este mismo autor (Oum, 1979b) que utiliza datos de serie temporal. Las características específicas de cada estudio se recogen en la Tabla 1.

Las aplicaciones más recientes de los modelos neoclásicos agregados se han centrado, fundamentalmente, en estudiar pequeñas modificaciones de la forma funcional translogarítmica al objeto mejorar sus condiciones de regularidad (Westbrook y Buckley, 1990 y Bianco et al., 1995). Como se sabe, una de las propiedades más importantes de la función de costes desde el punto de vista teórico es su concavidad respecto a los precios de los factores. Para la función de costes translog, ciertas aplicaciones empíricas contradicen esta propiedad. La solución a estos problemas de regularidad suele consistir en transformar previamente los datos, antes de aplicar la forma translog o emplear otras formas funcionales flexibles, diferentes de la función translogarítmica.¹⁶

Existe un segundo grupo de trabajos, pertenecientes a este enfoque agregado, que la literatura suele denominar *modelos directos de demanda* (Ortúzar y Willumsen, 2001, p.171). Éstos estiman directamente la función de demanda del modo de transporte considerado sin hacer referencia explícita a la función de costes originaria. Se caracterizan además por el empleo de datos de serie temporal y suelen considerar un solo modo de transporte. Nos referimos a trabajos como los de Hsing (1994), Coto-Millán (1995) o Kulshrestha et al. (2001)

En este tipo de estudios, la especificación de las variables se realiza de un modo 'ad-hoc'. Relacionan la cantidad total transportada por el modo considerado con su propia tarifa, las tarifas de los modos competitivos y el nivel de PIB de la economía. Obtienen de este modo diferentes estimaciones a corto y largo plazo de la elasticidad precio, cruzada y renta de la demanda. A juicio de Oum et al. (1992), los valores de estas elasticidades deben entenderse como estimaciones de las elasticidades de la demanda ordinaria, pese a que desde el punto de vista teórico tal extremo no quede precisado en los trabajos.¹⁷

La tabla 1 presenta esquemáticamente las características de algunos de estos modelos agregados, con especial énfasis en las peculiaridades de sus aplicaciones prácticas.

(16) El primer remedio es el aplicado en el estudio de Bianco et al. (1995). Westbrook y Buckley (1990), de hecho, comparan ambos tipos de soluciones.

(17) Los tres estudios considerados difieren en realidad en el método de estimación. Hsing (1994) utiliza un modelo Box-Cox; Coto-Millán (1995), técnicas de cointegración y Kulshrestha et al. (2001), metodología de Vectores AutoRegresivos.

TABLA 1
ESTUDIOS REPRESENTATIVOS DE CARÁCTER AGREGADO

	ESTUDIO	MOD. ECONOMETRICO	VARIABLES dependientes (D) e independientes (I)	DATOS	OBSERVACIONES
MOD. NEOCLÁSICOS	Oum (1979 ₂)	Función de costes translog	D: coste, particip. en costes I: tarifas, tiempos de viaje, variac. tiempo, distancia	Sección cruzada Para cada clase de producto, un número diferente de obs. Canadá	Sólo dos modos. Diferentes especificaciones hedónicas ¹⁸
	Oum (1979 ₂)	Función de costes translog	D: coste, particip. en costes I: tarifas, tendencia	Serie temporal 1945-1974 Canadá	Tres modos. Especificaciones autorregresiva y de adaptación parcial.
	Friedlaender y Spady (1980)	Función de costes translog	D: particip. en costes I: precios inputs, output agregado, inputs fijos, dummies por sector y región	Sección cruzada 96 sectores industriales EEUU	Sólo dos modos. Incluye el trabajo entre los inputs variables
	Bianco et al. (1995)	Función de costes translog	D: particip. en costes I: tarifas, precio del producto, output agregado, distancia	Sección cruzada. Para cada sector o región, un número diferente de obs. Italia	Sólo dos modos Transformación de los datos para evitar problemas de concavidad
MOD. DIRECTOS DE DEMANDA	Hsing(1994)	Modelo de adaptación parcial con met. Box-Cox	D: output agregado I: PIB, tarifas	Serie temporal 1960-1990 EEUU	Relativo al transp. por ferrocarril
	Coto-Millán (1995)	Técnicas de cointegración	D: output agregado I: PIB, tarifas	Serie temporal 1975-1990 España	Relativo al transp. marítimo
	Kulshrestha et al. (2001)	Sistema de ecuaciones VAR	D: output agregado PIB, tarifa, n° vehículos	Serie temporal 1960-1995 India	Relativo al transp. por ferrocarril

4. EL ENFOQUE MICROECONÓMICO: MODELOS DESAGREGADOS

Los modelos desagregados aparecen hacia finales de los años setenta. Utilizan datos correspondientes a empresas individuales. De este modo, se facilita que el número de observaciones aumente considerablemente, así como la variabilidad y, en consecuencia, el poder explicativo de las variables independientes. En concreto, la unidad básica de información la constituye un envío determinado, del cual se recogen tanto atributos de la mercancía, el mercado de destino o la propia empresa, como atributos del propio modo de transporte¹⁸.

(18) Las especificaciones hedónicas suponen que las variables representativas de la calidad del servicio ejercen su influencia sobre los costes a través de su efecto sobre las tarifas de transporte. Económicamente, tal circunstancia se traduce en una reducción en la cantidad de parámetros a estimar.

Además del tipo de información empleada, los modelos desagregados se caracterizan por utilizar básicamente los modelos de elección discreta¹⁹ para su estimación econométrica. Como defiende McFadden (1978), el empleo de este tipo de modelos sólo se justifica ante la presencia de alternativas excluyentes.²⁰ A juicio de Daughety (1979), en el transporte de mercancías no es adecuado suponer que la totalidad de la producción vaya a enviarse a un único mercado o mediante un único modo de transporte. Incluso en los casos en los que resulta más económico realizarlo así, esto sería demasiado arriesgado. Las teorías de diversificación de la cartera implican la selección de más de una opción. Por ello, Daughety (1979) estima que el empleo de los modelos de elección discreta puede constituir un error en muchos casos.

Desde nuestro punto de vista, esta crítica –fundada, en muchas aplicaciones prácticas– procede de plantear el problema de estimación de la demanda de transporte de mercancías en un nivel de agregación superior al que requieren los estudios desagregados de elección discreta. Tal y como señala Roberts (1977), el elemento básico a modelizar en este tipo de trabajos debe ser el envío individual, y no el nivel de producción total de la empresa en cuestión. Tal circunstancia permite una adecuada utilización de los modelos cualitativos, pues evidentemente cada envío supone un único modo de transporte y un único destino.

La literatura de los modelos desagregados de la demanda de transporte de mercancías reconoce dos enfoques diferentes: el enfoque conductista y el enfoque logístico (Winston, 1983 y Harker, 1987, pp.13-14). Éstos se analizan a continuación.

4.1. El enfoque conductista

Desde esta perspectiva, el agente decisor es el jefe de distribución, responsable del coste y de la calidad de este servicio. Se supone además que el tamaño de los envíos, dependiente del departamento de compras, es exógeno a este agente, de manera que la variable de decisión que se modeliza es el modo de transporte. Dado que se entiende que existe incertidumbre relativa a la calidad del servicio efectivamente recibida, se postula la existencia de una función de utilidad que define el comportamiento del jefe de distribución. En concreto, se supone que este agente selecciona el modo de transporte que maximiza su utilidad esperada (Winston, 1981).

Desde el punto de vista empírico, la especificación de este tipo de modelos se basa en la teoría de la utilidad aleatoria.²¹ Según ésta, el agente decisor q se enfrenta a J alternativas de las que obtendría un nivel de utilidad esperada determinado. Este actor, el jefe de distribución en nuestro caso, elige la alternativa que le otorga la mayor utilidad esperada, esto es, elige i si $EU_{qi} \geq EU_{qj}, \forall j \neq i$, donde EU_{qi} es la utilidad esperada por el agente q de la opción i .

(19) McFadden (1974). Se consideran modelos de elección discreta aquellos cuya variable dependiente es cualitativa.

(20) Tal parece ser el caso en la demanda de transporte de pasajeros, donde, por ejemplo, ante un cambio en la tarifa de un modo de transporte, no se suele decidir utilizarlo menos; el modo habitual de transporte, o bien se mantiene, o bien se modifica.

(21) La explicación subsiguiente se basa en Train (2003, pp.18-19).

El analista, sin embargo, no conoce la utilidad esperada del agente decisor. Observa únicamente determinados atributos de las alternativas, \mathbf{x}_{qj} , –como la tarifa, el tiempo de viaje, la variabilidad en el tiempo de viaje,...– y algunas características de la mercancía o de la empresa, \mathbf{s}_q , - valor de la mercancía, cantidad total transportada, volumen de ventas,... En consecuencia, la utilidad se descompone en una parte observada que es determinista V y en una parte inobservada, que es estocástica ε , de modo que:

$$EU_{qj}(\mathbf{x}_{qj}, \mathbf{s}_q) = V(\mathbf{x}_{qj}, \mathbf{s}_q) + \varepsilon_{qj} \quad [9]$$

Diferentes supuestos relativos a la distribución conjunta de los términos de error ε darán lugar a distintos modelos empíricos y, en consecuencia, a diferentes estimaciones de los valores estimados de los parámetros.²²

Según la especificación que se realice de este término de error, variará la interpretación que corresponda a los coeficientes estimados. En general, en el modelo de regresión lineal clásico, los coeficientes constituyen una aproximación al efecto marginal de la variable explicativa correspondiente sobre la variable dependiente. En un modelo de elección discreta, se estima la probabilidad de seleccionar una alternativa concreta y, excepto en el modelo lineal de probabilidad, los parámetros estimados no constituyen una aproximación al efecto marginal de la variable correspondiente sobre esta probabilidad (Greene, 1999, p.753). El efecto marginal depende tanto del coeficiente estimado como del punto en que se evalúe (Cabrer Borrás et al., 2001, p.117-118). Además, en un modelo de elección discreta, puede interesar el calcular la sensibilidad de la probabilidad de elegir una alternativa concreta ante un cambio unitario en una variable explicativa. Esta medida se denomina elasticidad probabilística (Dunne, 1984). Por los motivos anteriormente expuestos, el valor de esta elasticidad también dependerá del punto en que se evalúe.²³

Si lo que se desea es estimar la elasticidad de la demanda agregada, se requiere obtener la función de demanda agregada de cada opción considerada. Conceptualmente, un estimador consistente de la población total que elige una alternativa concreta es la suma ponderada de las probabilidades estimadas de seleccionar esa opción en la muestra (Train, 2003, p.35). En esto consiste el método de la enumeración muestral.²⁴ La elasticidad agregada puede calcularse de igual modo calculando la elasticidad correspondiente a cada observación y tomando la media ponderada. No obstante, las elasticidades de la demanda así obtenidas son estimaciones de las elasticidades de reparto modal, y no de las elasticidades ordinarias de la demanda, pues consideran dado el volumen total de tráfico.²⁵

(22) Los modelos más comunes son el logit, en el que los términos de error se distribuyen independiente e idénticamente según la función de valor extremo, y el probit, en el que los errores siguen una distribución normal.

(23) Dunne (1984) contiene las expresiones matemáticas de las elasticidades probabilísticas correspondientes a los modelos de elección discreta más comunes.

(24) Train (2003, pp.35-36) señala también el método de segmentación. Ben-Akiva y Lerman (1985, pp.134-135) recogen una tipología de métodos de agregación más completa.

(25) Como señalan Oum et al. (1992), se necesitaría conocer cómo afecta al volumen total del tráfico el cambio en el precio del modo considerado. Estos autores sugieren cómo corregir las elasticidades de reparto modal para obtener las ordinarias.

El esquema fundamental presentado corresponde básicamente al modelo desarrollado por Winston (1981). Con especificaciones teóricas similares encontramos los trabajos de Jiang et al. (1999) en Francia o Piñero de Miguel (2001) y Borra y Palma (2005) en España. La tabla 2 recoge las características específicas de cada estudio.

Recientemente, esta clase de modelos conductistas ha comenzado a estimarse con datos procedentes de preferencias declaradas. Según esta metodología, se diseñan diferentes grupos de alternativas mutuamente excluyentes consistentes en distintas combinaciones realistas de una serie de atributos como tarifas, frecuencias del servicio, tiempos de viaje,... A continuación, en la versión más comúnmente empleada,²⁶ se pide al agente decisor que seleccione de cada grupo la alternativa deseada. En consecuencia, de cada entrevista se obtiene más de una observación. A la información así obtenida puede ya aplicársele la metodología de los modelos de elección discreta.²⁷

Interesantes estudios conductistas con información declarada aparecen en Shingal y Fowkes (2002) o Bolis y Maggi (2002).²⁸ La tabla 2 recoge sus rasgos característicos fundamentales.

4.2. El enfoque logístico

En esta última categoría analizada, el análisis de la demanda de transporte se realiza desde la perspectiva del jefe de inventarios. Se considera que la mercancía en camino constituye inventario sobre ruedas, de modo que forma parte del capital productivo de la empresa, al igual que los bienes en proceso de fabricación.

Los fundamentos teóricos de este enfoque fueron desarrollados por Baumol y Vinod (1970). Ellos fueron los primeros en incluir consideraciones logísticas en el estudio de la demanda de transporte de mercancías. Su modelo parte de la siguiente cuestión: ¿por qué ha de ser relevante el tiempo de viaje para el demandante del transporte en aquellos casos en que los envíos se realizan a intervalos regulares? El motivo se halla en la teoría de los inventarios: un modo de transporte más lento implica el mantener un mayor inventario en tránsito. Además, si existe incertidumbre en la demanda del producto, cuanto más larga e incierta sea la duración del periodo en tránsito, mayor deberá ser el nivel del stock de seguridad que conviene mantener en el almacén de destino. Baumol y Vinod (1970) definen los costes logísticos de la empresa como la suma de los costes directos de transporte, los de la mercancía en tránsito, los de realización de los pedidos y los de almacenamiento de la mercancía.

(26) Hensher (1994) se refiere a este tipo como datos de elección (*'choice data'*). Existen además dos tipos de datos ordenados: *'rank-order data'* y *'ratings data'*.

(27) Conviene señalar, no obstante, que este tipo de modelos, pese a estimar adecuadamente los valores monetarios de los distintos atributos como el tiempo de viaje o la frecuencia, resultan algo menos apropiados para la predicción de las demandas agregadas. Para ello y al objeto de que los parámetros estimados adquieran una escala razonable, suele combinarse este tipo de datos con datos de preferencias reveladas. (Ver por ejemplo Hensher, 1994).

(28) Ambos trabajos utilizan *'rating data'* que es transformada en *'choice data'* para su empleo en el modelo de elección discreta.

En consecuencia, desde el punto de vista del enfoque considerado, el objetivo fundamental del responsable de transportes de la empresa es la minimización de los costes de logística. Para ello cuenta con dos variables de decisión: el modo de transporte y el tamaño de los envíos. Ambas decisiones se toman simultáneamente. Se supone que el agente decisor calcula el tamaño del envío de mínimo coste para las alternativas con que cuenta X_i^* y a continuación elige aquella opción que reviste el menor. Esto es, elige la opción i si $C(i, X_i^*) < C(j, X_j^*)$, $\forall j \neq i$, donde $C(i, X_i^*)$ es el coste de enviar la cantidad X^* por el modo i .

Desde el punto de vista del investigador, existen por tanto dos decisiones relacionadas que modelizar. Por un lado la correspondiente al tamaño óptimo del envío, una variable continua; y, por otro, la relativa a la selección del modo de transporte, una variable discreta. Ambas decisiones dependen directa o indirectamente de distintas variables observables, tanto atributos del modo de transporte \mathbf{x}_{qi} como características de la mercancía o la empresa \mathbf{s}_q . También las dos están sujetas a un cierto error; pero además el modo de transporte óptimo depende también del tamaño óptimo del envío obtenido en cada caso. Puede decirse entonces que se requiere la estimación simultánea del siguiente sistema de ecuaciones:

$$\begin{aligned} X_{qi}^* &= X_{qi}^*(\mathbf{x}_{qi}, \mathbf{s}_q, \varepsilon_{qi}) \\ I_{qi}^* &= I_{qi}^*(\mathbf{x}_{qi}, \mathbf{s}_q, X_{qi}^*, \nu_{qi}) \end{aligned} \quad [10]$$

donde ε y ν son los términos de error, el subíndice q hace referencia a la empresa considerada e I_{qi}^* representa los ahorros de costes de logística que obtiene el modo i .

La presentación del enfoque logístico realizada se corresponde fundamentalmente con el modelo de Abdelwahab y Sargious(1992) y Abdelwahab (1998). El seminal trabajo de McFadden et al. (1985) y los estudios de Inaba y Wallace (1989) y Genç et al. (1994) utilizan un modelo similar pero al referirse al comportamiento de empresas distribuidoras, en lugar de la minimización de los costes de logística, plantean la maximización de los beneficios. Todos ellos, no obstante, emplean el mismo modelo econométrico: lo que en terminología de Maddala (1983) es conocido como el modelo de regresión alternante con selección endógena.²⁹ Existe sin embargo un primer trabajo del enfoque de Chiang y Roberts (1984) que considera el tamaño una variable cualitativa y aplica el modelo logit, usual en el enfoque conductista.³⁰

Los modelos de este enfoque logístico permiten también la obtención de elasticidades probabilísticas y elasticidades de la demanda agregada. En este último caso, tales elasticidades constituyen aproximaciones a las elasticidades ordinarias y no a las elasticidades de reparto modal, pues, al estimarse conjuntamente el modo de transporte y el tamaño del envío, se

(29) Difieren en la metodología para la estimación. McFadden et al. (1985) y Abdelwahab y Sargious(1992) emplean máxima verosimilitud, mientras Inaba y Wallace (1989) emplean una variante del modelo Heckit debida a Lee (1982).

(30) Desde nuestro punto de vista, esta aplicación no parece muy adecuada. El tamaño del envío debe ser considerada una variable continua. En todo caso si se establecen intervalos de tamaño, se trataría de una variable ordenada y no meramente una variable cualitativa. Greene (1999, pp.750-862) presenta diferentes modelos econométricos específicos para datos ordenados.

está permitiendo tanto la distribución de los viajes existentes entre los distintos modos como la generación de nuevos envíos. De los estudios presentados, sólo el de Abdelwahab (1998) presenta estimaciones de la elasticidad de la demanda agregada.

La tabla 2 muestra un resumen esquemático de los rasgos diferenciales correspondientes a los principales trabajos empíricos de este enfoque logístico.

TABLA 2
MODELOS REPRESENTATIVOS DE CARÁCTER DESAGREGADO

	ESTUDIO	MOD. ECONOMÉT	VARIABLES dependientes (D) e independientes (I)	DATOS	OBSERVACIONES
ENF. CONDUCTISTA	Winston (1981)	Probit multinomial	D: modo de transp. I: tarifas, tiempo de viaje, variab.tiempo, tamaño envíos, ventas, localización	Sección cruzada Nºobs. variable según clase de producto EEUU	Dos o tres modos Muestra 'choice-based' ³¹
	Jiang et al. (1999)	Logit anidado	D: modo de transp. I: caract. Empresa, atributos producto, distancia	Sección cruzada 3.473 obs. de una encuesta a gran escala en Francia	Incluye transporte por cuenta propia. No incluye atributos de modos de transp.
	Piñero de Miguel (2002)	Logit condicional	D: modo de transp. I: tarifas, tiempo de viaje, frecuencia, dummies sectoriales	Sección cruzada 207 obs. España	Sólo dos modos Empresas exportadoras
	Bolis y Maggi (2002)	Tobit	D: modo de transp. I:tarifa, tiempo de viaje, puntualidad, frecuencia	Preferencias declaradas 21 entrevistas Italia	Tres modos Calcula valores del tiempo, frecuencia, flexibilidad
	Shinghal y Fowkes (2002)	Logit	D: modo de transp. I:tarifa, tiempo de viaje, puntualidad	Preferencias declaradas. 32 entrevistas India	Cuatro modos Calcula valor del tiempo y de la puntualidad
	Borra y Palma (2005)	Probit	D: tipo transporte I: coste, tiempo viaje, caract. mercancia, caract empresa	Sección cruzada 106 obs. encuesta propia Andalucía	Alternativas: cuenta propia o cuenta ajena Comparación con especificación Heckit
ENF. LOGÍSTICO	Roberts y Chiang (1984)	Logit multinomial	D: modo de transp., tamaño envío I: tarifas, atributos producto, distancia	Sección cruzada EEUU	Once opciones de modo y tamaño. Categoriza el tamaño que es var. continua
	McFadden et al (1985)	Regresión alternante con selección endógena	D: modo de transp., tamaño envío I: tarifas, tiempo viaje, valor merc.	Sección cruzada Ptos. agrícolas EEUU	Sólo dos modos Estimación. máx. verosimilitud. Muestra 'choice-based'
	Inaba y Wallace (1989) y Genç et al. (1994)	Regresión alternante con selección endógena	D: destino, modo de transp., tamaño envío I: tiempo viaje, capacidad silo, distancia.	Sección cruzada Ptos. agrícolas EEUU	32 opciones de modo y destino Estimación según Lee (1982)
	Abdelwahab y Sargious(1992) y Abdelwahab (1998)	Regresión alternante con selección endógena	D: modo de transp., tamaño envío I: tarifas, tiempo viaje, caract. merc., total transportado	Sección cruzada 1003 obs. de encuesta oficial de transportes. EEUU	Dos modos Estimación según Lee y Trost (1978)

5. ANÁLISIS COMPARATIVO A PARTIR DE LAS ESTIMACIONES DE LA ELASTICIDAD PRECIO DE LA DEMANDA

Al objeto de comparar los diferentes tipos de modelos, desde una perspectiva empírica, se han recogido en la Tabla 3 los valores de la elasticidad precio de la demanda agregada que se han obtenido en los distintos estudios. No obstante, antes de presentar los resultados empíricos, conviene recordar la metodología empleada en cada caso para su obtención. Para ello utilizaremos la terminología y las definiciones contenidas en Oum et al. (1992).

Los trabajos de Oum (1979a), Friedlaender y Spady (1980) y Bianco et al. (1995) son modelos neoclásicos agregados. Tal y como se comentó anteriormente, en este tipo de modelos, a partir de las elasticidades parciales de Allen pueden obtenerse las elasticidades condicionadas, que suponen constante el nivel de producción. Los estudios de Friedlaender y Spady (1980) y Bianco et al. (1995) ofrecen por tanto elasticidades precio condicionadas. La investigación de Oum (1979a), sin embargo, deriva las elasticidades ordinarias a partir de las condicionadas, añadiendo los efectos producto a los efectos sustitución de las elasticidades condicionadas.

Los trabajos de Hsing (1994) y Kulshreshtha et al. (2001) son modelos directos de demanda. Siguiendo a Oum et al. (1992), consideramos que los valores obtenidos constituyen elasticidades ordinarias, aunque sus autores no lo precisan. En estos trabajos sólo se estima la demanda de un modo de transporte, por lo que como se observa en la Tabla 3 sólo se obtiene información sobre la elasticidad precio del transporte por ferrocarril. Tampoco ofrecen desagregación por sectores, de modo que las dos últimas columnas quedan también vacías.

De los trabajos pertenecientes a la perspectiva desagregada revisados en este artículo, únicamente dos realizan estimaciones de la elasticidad de la demanda agregada: el de Winston (1981) y el de Abdelwahab (1998).

El trabajo de Winston (1981) pertenece al enfoque conductista. Por lo tanto considera la distribución entre los distintos modos de un tráfico considerado constante, dejando fuera el efecto del cambio en el precio sobre el tráfico generado. Por ello las elasticidades que se obtienen son elasticidades de reparto

(31) Este tipo de datos procede de una muestra estratificada en la que el criterio de estratificación es la propia variable de estudio, en este caso el modo de transporte (Ortúzar y Willumsen, 2001, pp.52-53). Pese a consistir en un modo de obtención de información de bajo costo, cuenta con el inconveniente de que la muestra resultante no es aleatoria.

modal, que son generalmente menores que las elasticidades ordinarias (Oum et al. 1992).

El trabajo de Abdelwahab (1998) corresponde al enfoque logístico. Al contemplar conjuntamente el modo de transporte y el tamaño del envío, permite incluir el efecto del tráfico generado, de modo que sus resultados constituyen aproximaciones a las elasticidades ordinarias.

Tal y como puede observarse, la Tabla 3 recoge tanto los valores de la elasticidad-precio de la demanda agregada correspondientes al conjunto de las mercancías (2ª columna), como las estimaciones obtenidas para dos tipos de productos específicos (columnas 3ª y 4ª). A su vez, en cada caso, se distingue la elasticidad del transporte por ferrocarril y la del transporte por carretera.³² Cuando en los estudios no aparece un único valor, la tabla recoge el intervalo en el que se encuentran las estimaciones (menor y mayor valor).

TABLA 3
ELASTICIDADES-PRECIO DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE
POR FERROCARRIL Y CARRETERA

ESTUDIO (Tipo de Elasticidad)	General		Alimentación y productos agrícolas		Productos Metálicos	
	Ferrocarril	Carretera	Ferrocarril	Carretera	Ferrocarril	Carretera
Oum (1979a) (Elasticidad ordinaria)	-0.58/-1.19	-0.40/-1.07	-1.03	-0.52	-1.19	-0.41
Friedlaender et al. (1980) (Elasticidad condicionada)	-1.68/-3.54	-1.00/-1.54	-2.58	-1.00	-1.87	-1.05
Bianco et al. (1995) (Elasticidad condicionada)	-0.90/-2.41	-0.48/-1.68	-1.40/-1.53	-0.28/-0.76	-1.03/-1.39	-0.90/-1.37
Hsing (1994) (Elasticidad ordinaria)	-0.06/-1.05					
Kulshreshtha et al. (2001) (Elasticidad ordinaria a largo plazo)	-0.09/-0.28					
Winston (1981) (Elasticidad de Reparto Modal)	-0.02/-2.68	-0.14/-2.96	-0.29/-1.11	-0.27/-0.99	-0.02	-0.18
Abdelwahab (1998) (Elasticidad ordinaria)	-0.90/-1.49	-0.74/-1.40	-1.49	-1.19	-0.91	-0.79

(32) En ambos casos se trata de elasticidades propias, esto es, procedentes del efecto sobre la demanda de transporte (por ferrocarril o por carretera) ante un cambio en su propio precio. Algunos trabajos presentan además estimaciones de elasticidades cruzadas donde se analiza el efecto de la demanda de un modo ante un cambio en el precio de otro modo. Esta información no aparece en la tabla.

El rasgo más destacable de la Tabla 3 es la amplia variabilidad de las magnitudes estimadas. Tal característica ya fue apuntada por Oum et al. (1992) hace más de una década.

Un primer motivo de esta diversidad de resultados puede proceder del tipo de producto considerado. De hecho, si se observa, el rango de variación es mayor en la columna relativa a la mercancía general. La demanda de transporte no responde a los cambios de los precios idénticamente en todos los grupos de mercancías. El tipo de producto afecta a la elasticidad de su demanda de transporte. No obstante, incluso para los dos tipos de productos seleccionados, las disparidades se mantienen. Por ejemplo, para el transporte por ferrocarril de los productos agrícolas las elasticidades oscilan entre el -0.29 de Winston (1981) al -2.58 de Friedlaender et al. (1980).

La definición geográfica y temporal de la información con la que se realizan los estudios puede también afectar a la disparidad de resultados. En este caso las diferencias procederían de una distinta situación de la realidad económica analizada.

Por último, las discrepancias pueden proceder de diversas especificaciones teóricas del modelo o de distintas metodologías de estimación.

Desde esta perspectiva se explica que, en general, los valores obtenidos por Winston (1981), que son estimaciones de la elasticidad del reparto modal, sean menores que los obtenidos en los otros estudios. También se entiende que, en su conjunto, las magnitudes de los trabajos de Friedlaender et al. (1980) y Bianco et al. (1995), que son elasticidades condicionadas, sean similares.

Desde este punto de vista, resulta asimismo significativo que los trabajos de Oum (1979a) y Abdelwahab (1998) obtengan estimaciones comparables de las elasticidades ordinarias aún procediendo de metodologías diferentes (el primero es un modelo agregado y el segundo, desagregado). Por el contrario, las magnitudes de los modelos directos de demanda de Hsing (1994) y Kulshreshtha et al. (2001), sobre todo en este último caso, resultan bastante alejadas de las de Oum (1979a) y Abdelwahab (1998). Además de las explicaciones ya señaladas podemos encontrar otras razones de este hecho. En primer lugar, los estudios de Hsing (1994) y Kulshreshtha et al. (2001) carecen de desagregación por tipo de mercancía. Caso de realizarse análisis diferenciados por clases de producto los valores podrían resultar similares en algunos casos. Y en segundo lugar, el estudio de Kulshreshtha et al. (2001) no incluye como variable explicativa el precio del modo de transporte alternativo, por lo que, como señalan Oum et al. (1992), la elasticidad precio propia puede estar infravalorada si los precios de los modos han evolucionado en la misma dirección.

Por causa de esta gran variabilidad resulta difícil extraer alguna generalización en cuanto al comportamiento de la elasticidad de la demanda de transporte de mercancías. No obstante, en casi todos los casos, los valores absolutos de las elasticidades estimadas para el transporte por ferrocarril resultan mayores que los correspondientes del transporte por carretera, de modo que puede concluirse que en general la demanda de transporte por ferrocarril resulta más sensible a los cambios de los precios que la demanda de transporte por carretera.

6. OBSERVACIONES FINALES Y SUGERENCIAS DE INVESTIGACIÓN

El enfoque microeconómico en la estimación de la demanda de transporte de mercancías cuenta, desde el punto de vista teórico, con la importante virtud de partir de supuestos relativos al comportamiento de los agentes encargados de la toma de decisiones en materia de transportes. Sin embargo, desde el punto de vista práctico, las diferentes categorías de modelos presentan distintas ventajas e inconvenientes específicos.

Los modelos agregados se estiman con información agregada. Esta circunstancia constituye tanto su mayor desventaja como su mayor virtud. De un lado, determina que las estimaciones de efectos tan importantes como las elasticidades de la demanda no puedan ser muy precisas, en la medida en que proceden de valores medios de las diferentes variables y no de los valores reales a los que se enfrenta el agente decisor. Y sin embargo, de otro, la propia naturaleza del tipo de información solventa el problema de la necesidad de agregación de elecciones individuales a la hora de calcular flujos agregados de tráfico.

Frente a ellos, los modelos desagregados se estiman con información individual, por tanto, el número de observaciones aumenta considerablemente, lo que da lugar a estimaciones más precisas de los parámetros. Además, este enfoque permite el empleo de especificaciones empíricas más ricas, que capturan adecuadamente la variación en las características del agente decisor y que recogen un mayor conjunto de atributos de la calidad del servicio. Asimismo, pese a que ambas categorías de modelos proceden de teorías relativas al comportamiento de las empresas, los desagregados no requieren el supuesto poco realista de que los agentes decisores son idénticos.

No obstante lo anterior, es importante reconocer que existen limitaciones prácticas a la realización de análisis desagregados en el transporte de mercancías. La estimación de un modelo desagregado requiere gran cantidad de datos. No sólo se necesita una muestra de las elecciones de las empresas, sino que también se requiere obtener datos relativos a las características de las opciones consideradas, tanto seleccionadas como rechazadas. Este problema puede solventarse, en parte, gracias a la eficiencia en la obtención de información que permiten las técnicas de preferencias declaradas. No obstante, la fiabilidad de los datos disminuye al tratarse de elecciones hipotéticas.³³

(33) La mayoría de los autores defiende los resultados que estas técnicas obtienen para la valoración de los atributos del viaje (como el tiempo, la frecuencia o la variabilidad)

Por otro lado, una vez estimados resulta necesaria la agregación de los resultados individuales para obtener estimaciones de la demanda total de cada tipología de transporte considerada. Aunque el método de enumeración es relativamente sencillo de implementar, su adecuación depende de la representatividad de la muestra con la que se realice la estimación.

En cuanto a la comparación entre los dos tipos de modelos desagregados considerados, el enfoque logístico cuenta con una fundamentación teórica superior a la del enfoque conductista. El hecho de suponer que las decisiones en materia de transportes se realizan independientemente de otras decisiones logísticas desvirtúa los resultados empíricos y constituye un supuesto poco sostenible en el terreno teórico: lo lógico es suponer que el jefe de distribución coordina sus decisiones de transporte con el jefe de inventarios.

Estas últimas consideraciones y el análisis anteriormente realizado nos permiten sugerir una serie de recomendaciones concretas de investigación.

En primer lugar, se requeriría adaptar el enfoque logístico a las exigencias de la información procedente de preferencias declaradas. De este modo se conseguiría aunar una especificación más rica desde el punto de vista teórico con una metodología más eficiente y económica en la obtención de información.

En segundo lugar, se necesitaría generalizar la obtención de las demandas agregadas de mercado en los estudios desagregados. De este modo sus resultados podrían compararse con los procedentes de los estudios desagregados. En el caso de los modelos desagregados obtenidos con información de preferencias declaradas, esto requiere ahondar en el conocimiento de las metodologías de predicción de la demanda a partir de este tipo de datos.

Por último, se precisaría que, en los modelos directos de demanda, se realizaran estimaciones diferenciadas por tipos de productos, al objeto de aumentar su comparabilidad con el resto de los estudios.

pero señalan las dificultades a las que se enfrentan en la predicción de la demanda agregada.

BIBLIOGRAFÍA

- ABDELWAHAB, W. M. (1998): "Elasticities of mode choice probabilities and market elasticities of demand: Evidence from a simultaneous mode choice/shipment size freight transport model", *Transportation Research Part E* 34, nº4, 257-266.
- ABDELWAHAB, W. y SARGIOUS, M. (1992): "Modelling the demand for freight transport: A new approach", *Journal of Transport Economics and Policy*, 26, nº1, 49-70
- BAUMOL, W. J. y VINOD, H. D. (1970): "An inventory theoretic model of freight transport demand", *Management science* 16, nº7, 413-21.
- BEL I QUERALT, G. (1994): *La demanda de transporte en España*, Madrid: Instituto de Estudios del Transporte y las Comunicaciones, MOPTMA.
- BEN-AKIVA, M. y LERMAN, S. R. (1985): *Discrete choice analysis: Theory and application to travel demand*, MIT Press. Cambridge.
- BEUTHE, M., JOURQUIN, B., GEERTS, J-F, KOUL À NDJANG'HA, C. (2001): "Freight transportation demand elasticities: a geographic multimodal transportation network analysis", *Transportation Research Part E* 37, 253-266.
- BIANCO, L.; CAMPISI, D.; y GASTALDI, M. (1995): "Which regions really benefit from rail-truck substitution? Empirical evidence for Italy", *Papers in Regional Science* 74, nº1, 41-62.
- BORRA MARCOS, C. (2004), *La estimación de la demanda de transporte de mercancías. Una aplicación para Andalucía*. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla.
- BORRA, C. y PALMA, L. (2005) "Analyzing the determinants of freight shippers' behaviour. Own-account versus purchased transport in Andalusia", *International Journal of Transport Economics* forthcoming in the October issue.
- BOYER, K. D. (1997): *Principles of transportation economics*, Addison Wesley Longman, Inc.. Reading, Mass.
- CABRER BORRÁS, B., SANCHO PÉREZ, A. y SERRANO DOMINGO, G. (2001): *Microeconometría y decisión*, Ediciones Pirámide. Madrid.
- COTO-MILLÁN, P. (1995): "The conditioned demands of spanish sea transport 1975-1990", *International Journal of Transport Economics* 22, nº3, 325-346.
- DAUGHETY, A. F. (1979): "Freight transport demand revisited: A microeconomic view of multimodal, multicharacteristic service uncertainty and the demand for freight transport", *Transportation Research Part B* 13, nº4, 281-288.
- DAUGHETY, A. F. e INABA, F. S. (1978): "Estimating service-differentiated transport demand functions", *Transportation Research Record* 668, 23-30.
- DAUGHETY, A. F. e INABA, F. S. (1981): "An analysis of regulation change in the transportation industry", *Review of Economics and Statistics* 63, nº2, 246-55.
- DE RUS, G. y NASH, C. (1998): *Desarrollos recientes en Economía del Transporte*, Editorial Civitas. Madrid.
- DUNNE, J. P. (1984): "Elasticity measures and disaggregate choice models", *Journal of Transport Economics and Policy* 18, 189-197.
- FRIEDLAENDER, A F. y SPADY R. H. (1980): "A derived demand function for freight transportation", *Review of Economics and Statistics* 62, nº3, 432-441.
- GENÇ, M.; INABA, F.S. y WALLACE, N.E. (1994): "From disaggregate mode-destination-quantity decisions to predictions of aggregate freight flows", *International Journal of Transport Economics* 21, nº3, 269-285.
- GREENE, W. H. (1999): *Análisis econométrico. Tercera edición*, Prentice Hall Iberia. Madrid.

- HARKER, P. T. (1987): *Predicting intercity freight flows*, VNU Science Press. Utrecht, The Netherlands.
- HENSHER, D. A. (1994): "Stated preference analysis of travel choices: The state of practice", *Transportation* 21, 107-133.
- HENSHER, D.A. y BUTTON, K. J. (2000): *Handbook of transport modeling*. Pergamon. Amsterdam
- HERCE, J. A. y DE RUS, G. (1996): *La regulación de los transportes en España*, Editorial Civitas. Madrid.
- HSING, Y. (1994): "Estimating the impact of deregulation on the elasticity of the demand for railroad services", *International Journal of Transport Economics* 21 nº3, 301-311.
- INABA, F.S. y WALLACE, N.E (1989): "Spatial price competition and the demand for freight transportation", *Review of Economics and Statistics* 71, nº4, 614-25.
- JIANG, F., JOHNSON, P. y CALZADA, C. (1999): "Freight demand characteristics and mode choice: An analysis of the results of modeling with disaggregate revealed preference data", *Journal of Transportation and Statistics* 2, nº2, 149-158.
- JORGENSON, D. W. (1986): "Econometric methods for modelling producer behavior", en *Handbook of econometrics Vol.III* (Z. Griliches y M. Intriligator, editores), 1841-1915.
- KRESGE, D. T. y ROBERTS, P. O. (1971), "Systems analysis and simulation models", en *Techniques of transport planning, vol.II* J. R. Meyer (editor), 1-228.
- KULSHRESHTHA, M., NAG, B. y KULSHRESTHA, M. (2001): "A multivariate cointegrating vector auto regressive model of freight transport demand: evidence from Indian railways", *Transportation Research Part A* 35, 29-45.
- LEE, L-F (1982): "Some approaches to the correction of the selectivity bias", *Review of Economic Studies* 49, 355-372.
- LEE, L-F. y TROST, R. P. (1978): "Estimation of some limited dependent variable models with application to housing demand", *Journal of Econometrics* 8, 357-382.
- LEONTIEF, W y STROUT, A. (1963): "Multiregional input-output analysis" en *Input-output economics 2ª edición* (W. Leontief, editor), 129-161, 1986.
- LIEW, C. K. y LIEW, C. J. (1985): "Measuring the development impact of a transportation system: a simplified approach", *Journal of Regional Science* 25, nº2, 241-257.
- MATAS, A. y RAYMOND, J. L. (1999): "Elasticidad de la demanda en las autopistas de peaje" *Papeles de Economía Española* 82, 140-165.
- MCFADDEN, D. L. (1974): "Conditional logit analysis of qualitative choice behavior", en *Frontiers in Econometrics*, (P. Zarembka, editor), 105-142.
- MCFADDEN, D. L. (1978), "The theory and practice of disaggregate demand forecasting for various modes of urban transportation", en *Transport Economics: Selected readings* (Tae Hoon Oum et al., editores), pp.51-79.
- MCFADDEN, D; WINSTON, C. y BOERSCH-SUPAN, A. (1985): "Joint estimation of freight transportation decisions under nonrandom sampling", en *Analytical studies in transport economics* (A.F. Daughety, editor), 137-157.
- ORTUZAR, J. DE D. y WILLUMSEN, L.G. (2001); *Modeling Transport. Third edition*, John Willey and Sons. Chichester.
- OUM, T. H. (1979a): "A cross sectional study of freight transport demand and rail-truck competition in Canada", *The Bell Journal of Economics* 10, nº2, 463-482.

- OUM, T. H. (1979b): "Derived demand for freight transport and inter-modal competition in Canada", *Journal of Transport Economics and Policy*, 13, nº2, 149-168.
- OUM, T.H., WATERS II, W.G. y YONG, J-S. (1992): "Concepts of price elasticities of transport demand and recent empirical estimates", *Journal of Transport Economics and Policy* 26, 139-54.
- OUM, T.H. y WATERS II, W.G. (1998): "Contribuciones recientes al análisis de las funciones de coste aplicadas al transporte" en De Rus y Nash (1998), 73-131.
- PIÑERO DE MIGUEL, D. (2001): "Variables explicativas del régimen modal de transporte en el comercio de mercancías", *Estudios de Construcción y Transportes* 90, 89-100.
- REGAN, A. C y GARRIDO, R. A. (2002): "Modeling freight demand and shipper behavior: State of the art and future directions", Institute of Transportation Studies Working Paper-02-2, Irvine: University of California.
- ROBERTS, P.O. (1977): "Forecasting freight demand" en, *Transport decisions in an age of uncertainty. Proceedings of the Third World Conference on Transport Research*, (E. J. Viser, editor), pp.247-264.
- ROBERTS, P. O. y CHIANG, Y. S. (1984): "Freight modal choice: a transport policy question", *Transport Policy and Decision Making*, 2, 231-247.
- SHINGHAL, N. y FOWKES, T. (2002): "Freight mode choice and adaptive stated preferences", *Transportation Research Part E*, 38, 367-378.
- SMALL, K. A. y WINSTON, C. (1999): "The demand for transportation: models and applications", en *Essays in transportation economics and policy*. (J. Gómez-Ibáñez, W. B. Tye y C. Winston, editores), 11-55.
- TRAIN, K. (2003): *Discrete choice methods with simulation*, Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- VARIAN, H. R. (1992), *Análisis microeconómico. Tercera edición*, Barcelona: Antoni Bosch.
- WESTBROOK, M. D. y BUCKLEY, P. A. (1990): "Flexible functional forms and regularity: Assessing the competitive relationship between truck and rail transportation", *Review of Economics and Statistics* 62 nº4, 623-630.
- WINSTON, C. (1981): "A disaggregate model of the demand for intercity freight transportation", *Econometrica* 49 nº4, 981-1006.
- WINSTON, C. (1983): "The demand for freight transportation: models and applications", *Transportation Research Part A* 17 , nº6, 419-427.