

IX ENCUENTRO DE ECONOMÍA PÚBLICA

COMUNICACION:

DEMANDA DE TRANSPORTE EN EL CORREDOR GALICIA-MADRID

María J. Caride (*), Xosé M. González y Daniel Miles
Departamento de Economía Aplicada
Universidade de Vigo

(*) Campus Lagoas-Marcosende s/n,
36200 Vigo,
Mailing: mcaride@uvigo.es
Tfno. 986-812510
Fax 986-812401

1.- Introducción

En los últimos años se ha intensificado el debate político - social sobre la articulación del territorio y el papel que los diferentes modos de transporte van a jugar en el desplazamiento de personas o mercancías. En esta discusión es necesario contar con instrumentos económicos que permitan valorar las consecuencias de las diferentes opciones planteadas. Esta necesidad, que es imprescindible en todas las actividades que realiza el estado, es especialmente relevante cuando hablamos de la definición del sistema de transporte, ya que, además de absorber un importante volumen de recursos, las decisiones presentes condicionan el desarrollo futuro del territorio y la actividad económica.

El objetivo de este trabajo es presentar un modelo de demanda de viajes que nos sirva para analizar los cambios en el comportamiento de la población ante modificaciones de la oferta de transporte. Este modelo se aplicará al corredor de transporte Galicia - Madrid para el que, dentro del Programa de Infraestructuras ferroviarias 2000-2007, se contemplan importantes mejoras. Se pretende, además, que este modelo sirva de punto de partida para un posterior análisis de cambios en el bienestar derivados de actuaciones específicas.

En el caso del transporte las decisiones de los individuos estarán condicionadas tanto por factores económicos como por la disponibilidad de tiempo. Debemos considerar también que, a diferencia de lo que ocurre con otros bienes, los individuos no obtienen utilidad de incrementar el volumen de recursos destinados a esta actividad. Por el contrario, la mayoría de los individuos no desearían dedicar ni su tiempo, ni su dinero a esta actividad. La razón es que el transporte no es un bien final, sino que es un consumo intermedio necesario para consumir bienes o servicios en espacios geográficos alejados.

Esta necesidad de incorporar elementos territoriales, monetarios y temporales hace más complejo analizar esta demanda. Dificultad que se incrementa debido a la disponibilidad de modos de transporte diferentes, con características distintas, para realizar los mismos desplazamientos. La valoración que el individuo otorgue a los diferentes atributos de los modos de transporte, la utilidad que derive de consumir los bienes finales que precisan transporte, su renta y sus limitaciones temporales determinarán tanto sus elecciones modales como el número de desplazamientos.

Este trabajo trata de desarrollar una metodología que nos permita observar el comportamiento de los individuos ante la actual oferta de transportes y que nos muestre los cambios que pueden producirse si esta oferta se modifica en determinada dirección. A través del análisis de los datos de la demanda actual se

puede conocer la evolución de dicha variable si se producen cambios marginales en los diferentes atributos de los actuales modos de transporte. Sin embargo, la información inferida de estos datos no nos permite anticipar lo que puede ocurrir si se producen cambios importantes en la dotación de infraestructuras o en la prestación de servicios de transporte. Esta evidencia nos obliga a utilizar en nuestro análisis, métodos de preferencias manifestadas a través de los cuales obtendremos la respuesta de los agentes económicos ante alternativas de consumo no disponibles en la actualidad. Estas metodologías a pesar de las importantes críticas que presentan son nuestra única herramienta para tratar de analizar respuestas ante opciones de consumo inexistentes. Esta metodología se aplicará al corredor Galicia-Madrid, en el que se viene planteando una importante modificación de la oferta ferroviaria.

El modelo propuesto para estimar la demanda de transporte, que además nos permita analizar los cambios en el bienestar cuando se modifican las condiciones de oferta es un modelo en dos etapas siguiendo la metodología propuesta por Hausman, Leonard y McFadden (1996).

El trabajo comienza con una breve presentación de los modelos de demanda tradicionalmente utilizados en transporte. A continuación se expone, en el epígrafe 3, la metodología que se utilizará en el ejercicio empírico. En el siguiente apartado se explica la recogida de información y el diseño del experimento. En los apartados 5 y 6 se presenta la aplicación empírica, tanto para los viajes de ocio como para los de trabajo, que nos permiten obtener el modelo de comportamiento para la oferta actual e hipotética. El apartado 7 presenta algunos de los problemas derivados de la utilización de modelos logit condicionales o multinomiales. Por último, se presentan las principales conclusiones y extensiones del trabajo.

2. La demanda de transporte

La literatura de demanda de transporte ha seguido tradicionalmente dos campos de trabajo diferenciados. Por un lado estarían los trabajos destinados a incorporar la dimensión temporal y espacial dentro de los modelos de comportamiento neoclásicos, dentro de ellos encontraríamos los trabajos de Becker (1965), De Serpa (1971), Evans (1972) o más recientemente Jara-Díaz (1998). Por otro lado estarían los modelos desarrollados para explicar las elecciones modales de los individuos McFadden (1981), Ben-Akiva (1997) y otros. Es decir, se desarrolla una literatura que nos explica el número de viajes o demanda de transporte que realizará un individuo y por otra parte se estudia como distribuye un individuo estos viajes entre los modos de transporte disponibles. Ambas líneas de trabajo se desarrollan de forma diferenciada existiendo

escasos intentos¹ de unirlos y presentar un modelo que relacione ambas decisiones, número de viajes a efectuar y modo en el que realiza cada uno de ellos.

Dentro de los modelos de demanda de viajes (De Serpa y Evans) se considera la demanda de transporte como una demanda derivada, es decir, los individuos consumen transporte para poder acceder al consumo de bienes o servicios distantes. Al igual que ocurre con el consumo de otros bienes como la energía eléctrica, el consumo de transporte no proporciona utilidad directa al individuo aunque indirectamente sí ya que le permite acceder al disfrute de otros bienes con utilidad positiva. Por este motivo las decisiones de transporte no pueden contemplarse de forma aislada sino que su demanda dependerá de la cantidad de dinero y tiempo que los individuos estén dispuestos a asignar al consumo de los bienes alejados. Del mismo modo cuando se modifican las características de la oferta de transporte las consecuencias sobre la demanda de bienes alejados y por lo tanto sobre la demanda de transporte, dependerán del peso del consumo de transporte sobre el consumo final, de la utilidad que deriva el individuo de ese consumo final, de las limitaciones presupuestarias y temporales de cada individuo, etc. Por lo general, además, los individuos cuentan con modos de transporte alternativos para cada uno de estos desplazamientos. La elección de un modo u otro dependerá de las preferencias individuales y de las limitaciones monetarias o temporales. Estos modelos de determinación de número de viajes suponen que existen opciones de viaje diferentes pero no analizan las elecciones modales, su preocupación ha estado tradicionalmente más vinculada a la determinación del valor que otorgan los individuos al tiempo, que condicionará su reparto entre consumo de bienes locales o distantes.

El campo de trabajo que se centra en la elección modal parte de que los individuos una vez determinado que desean efectuar un desplazamiento van a optar, entre las opciones que tienen disponibles, por aquella que les proporcione el mayor nivel de utilidad. Una vez que observamos que ante un número de alternativas disponibles cada individuo opta por una específica, estamos ante un problema de elección discreta. Cada agente elegirá aquella alternativa que le proporcione mayor utilidad indirecta dado que desea viajar. El desarrollo de estos modelos nos permitirá obtener la demanda de cada modo de transporte y de esta manera podremos aproximarnos a la cantidad de viajes, aunque en ningún caso podremos obtener los condicionantes de dicha demanda.

Además de estos modelos surgieron otros con una clara intención empírica. En general trabajos como los de Beesley (1965), Johnson (1966) o Oort (1969), pretendían obtener formas simples de aproximarse a la valoración de los atributos de los modos de transporte que pudieran ser utilizadas para explicar el comportamiento de los individuos ante diferentes modos de transporte y también que sirvan para dar una

¹ Excepción Jara-Díaz (1998)

valoración monetaria que puede ser utilizada en los análisis de rentabilidad social de las políticas de infraestructuras. Fruto de este tipo de trabajos están resultados como los cálculos de valores críticos, la aproximación del valor del tiempo destinado al trabajo o el destinado al ocio o al transporte. Las mayores críticas a este tipo de resultados son que no consideran elementos subjetivos que pueden ser muy importantes a la hora de explicar las elecciones modales. Un ejemplo de ello, es que este tipo de modelos no nos permite explicar por qué ante la aparición de un modo de transporte que no es ni el más rápido ni el más barato de los disponibles algunos individuos lo prefieran, a pesar de que su relación precio-tiempo frente a la de las alternativas resulte claramente desfavorable.

Parece, por lo tanto, que cuando nos enfrentamos a la demanda de viajes necesitaríamos combinar tanto el análisis neoclásico de determinación del número de viajes como la elección modal. Más aún si pretendemos analizar la demanda actual y los cambios que pueden ocurrir si se mejora significativamente alguno de los modos de transporte. En estos casos la experiencia de otros corredores como el Madrid-Sevilla o el París-Lyon, nos indica que implementar mejoras sustanciales en el ferrocarril altera la distribución de los viajes entre los modos de transporte y modifica significativamente el número total de desplazamientos, incremento de demanda que puede venir tanto de incrementos en el número de desplazamientos que efectúan los actuales usuarios como de nuevos viajeros.

Por estos motivos el modelo que desarrollemos debe permitirnos calcular la respuesta de los individuos ante diferentes escenarios de dotación de infraestructuras, uno de los cuales será el actual, debe dar una medida del cambio en el bienestar social ante modificaciones en esa dotación, y además con un claro enfoque aplicado. Este objetivo nos obliga a movernos en el campo de las preferencias manifestadas y a desarrollar un modelo que determine conjuntamente los viajes y la elección modal y nos proporcione una medida de bienestar.

En el campo de la valoración ambiental se han desarrollado en los últimos años modelos que tratan de analizar conjuntamente la decisión de número de viajes y la elección de lugares de vista. Estos modelos son básicamente de dos tipos, los que siguen el planteamiento de Morey y otros (1996) o los que utilizan un modelo similar al propuesto por Hausman, Leonard y McFadden (1995). Los primeros consideran que las elecciones de los individuos se producen de forma secuencial, de modo que los individuos deciden en cada periodo si participan o no en el mercado (si realizan un desplazamiento). En el caso de que decidan participar determinarán a continuación cual será el destino de su viaje. Este tipo de modelos lleva a plantear un modelo logit anidado y existen numerosas aplicaciones como la de Hoehn y otros (1996) y en España la realizada por Antoni Riera (2000) analizando los espacios naturales protegidos en Mallorca.

El modelo de Hausman, Leonard y McFadden (1995) plantea que las elecciones de los individuos siguen un proceso en dos etapas, en primer lugar se determina la cantidad de gasto destinada al consumo de estos bienes que permitirá determinar el número de unidades de bien consumidas y a continuación se plantea la elección discreta condicionada a esta cantidad de viajes. Este modelo, también ha sido utilizado en muchas ocasiones Hanley y otros (1999), Parsons and Kealy (1995) o Feather y otros (1995) aunque no ha sido aplicado en nuestro país.

Un resultado importante es el obtenido por Parsons, Jakus y Tomasi (1999) analizando las medidas de bienestar estimadas a partir de distintos modelos. Este trabajo llega a la conclusión de que los modelos de Morey y otros (1993) o de Hausman y otros (1995) aunque parten de planteamientos diferentes son matemáticamente lo mismo y llegan a medidas de bienestar similares. La proximidad entre ambos planteamiento nos hace decantarnos por el modelo de Hausman y otros (1995) ya que por un lado evita la definición del número de periodos de elección y por otro sigue un planteamiento consistente con la teoría de la utilidad.

3. El modelo

Siguiendo el modelo propuesto por Hausman, Leonard y McFadden (1995) para evaluar el impacto medioambiental sobre la costa de Alaska derivado de un accidente ecológico, suponemos que los individuos deciden el número de viajes a realizar y la asignación de los mismos entre modos de transporte, siguiendo un modelo de elección en dos etapas. En la primera etapa los individuos asignarán su renta entre diferentes grupos de productos, uno de los cuales será el transporte, y más tarde decidirán como asignar este gasto entre los diferentes componentes de este grupo o modos de transporte.

En la literatura de economía del transporte es habitual (Becker, De Serpa, Evans, Johnson, Oort, McFadden, etc.) la diferenciación entre los viajes realizados por diferentes motivos. La clasificación más habitual diferencia entre los viajes realizados por motivo de trabajo o los viajes de ocio. Tanto desde la óptica de los modelos de determinación del número de viajes como en los modelos de elección discreta el tiempo invertido en viajes por motivo de trabajo debe evaluarse atendiendo a la remuneración de este trabajo, mientras que el tiempo de ocio tiene una valoración diferente dependiendo de la actividad concreta a que se destine y la mayor o menor utilidad que proporcione al individuo. Por estos motivos este análisis de demanda considerará modelos separados para viajes realizados por diferentes motivos ya que

además el análisis descriptivo² nos ha permitido constatar que existen diferencias significativas entre ambos tipos de viajes.

Tanto el modelo de demanda de transporte por motivo de ocio como el de trabajo parten de la existencia de unidades de decisión, consumidores o empresas, domiciliadas en diferentes localizaciones del corredor que nos ocupa.

Modelo de demanda de viajes por motivo de ocio

Los consumidores obtienen bienestar del consumo de bienes. Suponemos que existen dos tipos de bienes atendiendo a sus características espaciales, bienes que necesitan desplazamientos y otros que no lo necesitan. Suponemos, por simplicidad, que en cada desplazamiento puede consumirse una cantidad fija de bien final y que el transporte es una parte pequeña del gasto total. Esto nos permite plantear un representación de los preferencias de los usuarios siguiendo una función cuasilineal.

$$U(c, c_T) = c + v(c_T)$$

Donde c , son unidades del bien que no necesita transporte y c_T es el consumo del bien que precisa el transporte. Como hemos determinado que cada viaje permite el consumo de una cantidad fija del bien que necesita un desplazamiento, c_T será una función del número de desplazamientos, es decir el transporte y el bien que precisa desplazamientos son complementarios perfectos.

El problema al que se enfrenta el consumidor es el de maximizar su utilidad sujeta a una restricción monetaria, a una restricción temporal, ya que el consumo de cada bien necesita un tiempo mínimo, y una relación de complementariedad entre el transporte y el consumo del bien distante. La determinación del número de viajes dependerá de los precios y tiempos de cada uno de los consumos implicados, de la utilidad marginal de la renta y del tiempo. Como lo que deseamos es analizar la demanda de viajes y los cambios producidos cuando modificamos la oferta, transformamos el modelo de modo que sólo consideramos bienes que necesitan viajes y el resto. Además hacemos que los bienes que precisan viajes tengan precio y tiempo sólo dependiente del transporte. En este caso para determinar el número de viajes necesitamos contar con un índice de precios del viaje que nos permita incorporar que los individuos pueden efectuar desplazamientos distintos, a distintas localizaciones y en diferentes modos de transporte.

² M. J. Caride, X. M. González y D. Miles, (2001) Caracterización de los usuarios del corredor de transporte Galicia-Madrid

El objetivo que perseguimos no es el de construir un modelo de determinación del número óptimo de viajes, el enfoque que adoptamos pretende analizar los cambios producidos por una modificación en la oferta de transporte sobre la oferta del mismo. Tratando de explicar que cambios se producen cuando, sin alterar el resto de condiciones, existen modificaciones de la dotación o atributos de los modos de transporte.

Siguiendo el modelo de estos autores este índice de precios lo obtendremos de la estimación de la segunda etapa. En ella nos centraremos en el análisis de las elecciones de modo de transporte condicionadas al número de desplazamientos realizados. En esta segunda etapa nos enfrentamos a un modelo de elección discreta, donde el individuo para efectuar cada uno de sus desplazamientos cuenta con varias alternativas, en nuestro caso coche, avión, tren o autobús. De todas ellas elegirá en cada momento la alternativa que le proporcione la utilidad mayor. Para cada una de las alternativas, la función indirecta de utilidad del individuo i por el modo de transporte j viene dada por (McFadden, 1981)

$$V_j^i = X_j^i \beta + \varepsilon_j^i$$

donde X_j^i es el vector de atributos del modo de transporte j para el individuo i , β es el vector de parámetros y ε es una variable aleatoria que representa los gustos de los consumidores. Partimos de que el individuo, en cada una de sus elecciones, elige la alternativa de transporte que le proporciona mayor utilidad indirecta. Por ello, cuando un individuo opta por viajar en el modo j , es porque este consumo le proporciona más utilidad (o menos desutilidad) que el resto de alternativas disponibles.

Si consideramos que las perturbaciones son independientes e idénticamente distribuidas con una función de densidad de Weibull, obtenemos el modelo logit multinomial³. McFadden (1974) demostró que las probabilidades asociadas a este modelo son

³ Este modelo presenta una limitación importante al suponer Independencia de Alternativas Irrelevantes (I.A.I.), propiedad de la que se deriva que el cociente de probabilidades entre alternativas no se ve afectado por la incorporación o modificación de nuevas opciones de transporte y la elasticidad de sustitución cruzada entre cada par de opciones es independiente de lo que ocurra como el resto de alternativas disponibles. Esta limitación, aunque resulta relevante cuando analizamos la demanda de desplazamientos, nos permite analizar orígenes-destino con diferente número de alternativas disponibles además su facilidad de cálculo la convierten en la primera aproximación a este tipo de análisis.

$$P_j^i = \frac{\exp(X_j^i \mathbf{b})}{\sum_{k=1}^m \exp(X_k^i \mathbf{b})}$$

con m el número de alternativas de transporte disponibles. El logaritmo de la función de verosimilitud

$$\log L = \sum_{k=1}^m T_k \log P_k$$

donde T_k es el número de viajes efectuado en el modo de transporte k .

A partir de este modelo podemos obtener el excedente del consumidor por viaje (Small y Rosen, 1981⁴)

$$S^i = -\frac{1}{\beta_p} \ln \left(\sum_{k=1}^m \exp(X_k \mathbf{b}) \right)$$

donde β_p es el parámetro asociado al coste monetario del viaje. El excedente del consumidor condicionado al número de viajes vendrá dado por

$$S^{i*} = \sum_{K=1}^m T_k S^i$$

La elevación apropiada de los individuos a la población objeto de estudio a través de las oportunas ponderaciones nos permitirá obtener el excedente derivado del modelo multinomial para cada una de las situaciones analizadas.

Una vez estimada la segunda etapa del modelo, condicionada al número de viajes, pasamos a construir el modelo de elección del número de viajes. El índice de precios que relaciona ambas etapas es la negativa del excedente del consumidor obtenido en el modelo de elección de modo (Hausman, Leonard y Mcfadden, 1995). Esta transformación nos permite interpretar esta variable como un precio o coste del desplazamiento. Al mejorar una infraestructura suponemos que el excedente del consumidor condicionado

⁴ En este caso el excedente del consumidor es similar a la variación compensadora ya que se cumplen los supuestos citados por Small y Rosen: 1. utilidad marginal de la renta independiente del precio y la calidad del bien, 2. el bien que estamos analizando es poco importante dentro de la cesta de consumo del individuo, y por tanto la función de demanda compensada se aproxima a la demanda marshalliana, y 3. que la utilidad marginal se aproxime a cero cuando el precio del modo de transporte tiende a infinito.

Por ello con esta medida de bienestar nos aproximamos a la cantidad de dinero que el individuo tendría que pagar ante el cambio producido (o recibir en caso de un empeoramiento) para que su nivel de bienestar permaneciese inalterado.

a los viajes efectuados aumenta. La transformación propuesta hace que este índice de precios se haga más negativo y por lo tanto menor, lo que se puede interpretar como una reducción del precio del viaje.

La elección del número de viajes a efectuar se especifica con un modelo de recuento, que se ajusta de forma apropiada cuando analizamos variables dependientes con valores mayores o iguales a cero. En nuestro caso, contamos con dos observaciones para cada individuo que se corresponden con la situación base y la situación hipotética, por ello utilizamos un modelo de recuento asumiendo una distribución de Poisson con media condicional para la variable número de viajes

$$E(T_{it} | Z_{it}, I_{it}) = \exp(Z_{it}\mathbf{a} + I_{it}\mathbf{g})$$

donde Z_{it} son características del individuo e I_{it} es el índice de precios del viaje. Una vez determinados los parámetros de este modelo y definiendo de forma adecuada la situación base, que tendrá asociado un índice de precios I_0 y la situación hipotética I_1 , podremos calcular la ganancia total de bienestar mediante la expresión

$$\Delta W_i = \int_{I_0}^{I_1} \exp(Z_{it}\mathbf{a} + I\mathbf{g})dI = \frac{1}{\mathbf{g}} [\exp(Z_{it}\mathbf{a} + I_1\mathbf{g}) - \exp(Z_{it}\mathbf{a} + I_0\mathbf{g})]$$

Esta medida nos proporciona la ganancia total obtenida por la población, derivada tanto de un incremento en el número de viajes como de la disminución del índice de precios, o lo que es lo mismo del aumento en la utilidad derivada de cada una de las elecciones modales. Ambas cosas hacen que el área por debajo de la curva de demanda se incremente y por ello que el excedente del consumidor, o variación compensadora ya que nos encontramos en un modelo de elección discreta, aumente.

Por otra parte este modelo nos permite también calcular el incremento de demanda inducida por la política de transporte que tratamos de analizar y el reparto de cuotas de mercado que presentarán los diferentes modos de transporte. Responde, por tanto, al objetivo que perseguimos.

Modelo de demanda de viajes por motivo de trabajo

Si bien en el caso de los viajes de ocio consideramos al transporte como un consumo intermedio con sus especificidades, en los viajes de trabajo partimos de que para la empresa el transporte es un input intermedio que, en el caso de las mercancías le permite obtener los inputs de producción o situar sus productos en el mercado. Si nos centramos en el movimiento de pasajeros, que es lo que nos ocupa en este

trabajo, los desplazamientos de sus empleados le permiten mejorar la atención a sus clientes o proveedores, abrir nuevos mercados o mantener los existentes, investigar nuevas necesidades del mercado, desarrollar nuevos productos, etc.

Si el objetivo de la empresa es la maximización del beneficio empresarial y considerásemos que las actividades de la transporte sólo repercuten en los costes de la empresa, la solución óptima nos llevaría a no realizar desplazamientos. Este planteamiento resulta tan poco realista como el encontrado en el caso de no considerar el transporte como un bien intermedio necesario para el consumo de bienes finales que derivan utilidad. La demanda de transporte se produce ya que incrementa los ingresos empresariales.

Cuando se analiza el transporte por motivo de trabajo debemos considerar la vertiente de los costes, tanto monetarios como temporales ya que los empleados dejan de destinar este tiempo a actividades productivas, como la vertiente de los ingresos. En este último aspecto el transporte afecta directamente a la cantidad vendida por dos vías por un lado la atención al cliente o la apertura a los mercados posibilita modificaciones en la cantidad demandada y por otro, al formar parte de los costes marginales del producto su cuantía afectará a la determinación del precio del producto.

Por tanto, la empresa al determinar sus condiciones óptimas de producción derivará la cantidad producida, el consumo de inputs, entre ellos el de transporte, y el precio. Estas decisiones las toma para un periodo temporal, por ejemplo un año. Este supuesto parece bastante realista si tenemos en cuenta que en todos los presupuestos de una empresa aparecen estimaciones anuales de las partidas de gasto, por supuesto, susceptibles de modificación al producirse alteraciones en las condiciones del mercado o de la empresa.

En nuestro caso la determinación de la demanda de viajes de trabajo seguirá el mismo planteamiento y objetivo que el modelo de ocio. No se busca construir un modelo de determinación del número óptimo de viajes, sino que perseguimos analizar las ganancias o pérdidas de bienestar derivadas de introducir modificaciones en el sistema de transportes. Estimaremos un modelo en dos etapas donde primero se determinará el número de viajes y, más tarde, se elegirá entre los modos de transporte disponibles condicionados a la anterior decisión.

En este caso, aunque la unidad de decisión y determinación del viaje es, en general, la empresa vamos a analizar los cambios en la demanda a través de los viajes efectuados por sus empleados. El supuesto implícito es que así tenemos una valoración de los cambios producidos en el bienestar de la empresa, ya que al fin y al cabo si la empresa no obtuviese un beneficio sus trabajadores no viajarían, pero además

incorporamos los costes y beneficios específicos del que viaja. Costes o beneficios que no forman parte directa⁵ de los empresariales, aunque sí alteran el bienestar individual. Por otra parte, en los trabajadores por cuenta propia se unen ambas unidades de elección.

De nuevo comenzamos con la estimación de la segunda etapa del modelo, de ella derivamos un índice de precios similar al anterior. En este caso la empresa decidirá, condicionado al número de viajes a realizar, que se utilice el modo de transporte que le suponga un menor coste monetario y temporal sabiendo que incorpora unas preferencias por los distintos modos tanto de las unidades de decisión de la empresa como de sus empleados. Una vez determinado el excedente del modelo de elección discreta utilizaremos un modelo de recuento para determinar el número de viajes. En este caso dicha cantidad dependerá de características propias de la empresa como tamaño o sector (E_{it}), y de características del viajero (Z_{it}): nivel de formación, remuneración, edad, sexo, responsabilidad dentro de la empresas, etc.

Para analizar el cambio en el bienestar total derivado de una actuación de política de transportes utilizaremos la expresión

$$\Delta W_i = \int_{I_0}^{I_1} \exp(Z_{it}\mathbf{a} + E_{it}\mathbf{m} + I_{it}\mathbf{g}) dI = \frac{1}{\mathbf{g}} [\exp(Z_{it}\mathbf{a} + E_{it}\mathbf{m} + I_{it}\mathbf{g}) - \exp(Z_{it}\mathbf{a} + E_{it}\mathbf{m} + I_{i0}\mathbf{g})]$$

4.- Diseño del experimento

Uno de los objetivos de este trabajo es diseñar un modelo que nos permita obtener alguna medida del cambio en el bienestar cuando alteramos la oferta de transporte. Como ya se ha mencionado, tratar de averiguar la respuesta de los individuos ante opciones de consumo actualmente no disponibles, nos obliga a movernos en el campo de las preferencias manifestadas y a diseñar un experimento del que derivar cual sería el comportamiento de los consumidores ante estas opciones hipotéticas.

En economía del transporte la mayor parte de los estudios de preferencias manifestadas se realiza a través de entrevistas a los actuales usuarios del sistema de transportes. En este caso el elemento de análisis suele ser el viaje efectuado en un momento determinado y se pregunta a los individuos si cambiarían este viaje al alterarse la oferta. En general se opta por las entrevistas directas, o por el reparto de un cuestionario devuelto por correo prepagado o recogido al final del viaje. En ambos casos es difícil obtener una muestra

⁵ Indirectamente están presentes en la remuneración al trabajador, que supuestamente debe compensarle de las desutilidades que acompañan el desempeño de su labor profesional.

representativa, ya que cada franja horaria o cada periodo temporal pueden tener mas o menos viajeros de ocio o de trabajo, dispuestos a valorar más o menos la puntualidad, el confort, el precio del billete, etc. Además, en este tipo de entrevistas existen problemas de agregación o de inferir resultados sobre la población, entre otras cosas por desconocer a cuantos y que tipo de individuos representa cada uno de los usuarios que entrevistamos. Aunque conozcamos el origen y el destino del viaje de cada individuo, desconocemos la probabilidad de detectar algún viajero de un modo de transporte concreto sobre la población del origen o el destino. En general los operadores de transporte pueden ofrecernos información del número de pasajeros transportados entre determinado origen y destino, pero es difícil que nos puedan proporcionar información sobre el número de usuarios diferentes, la frecuencia de viajes de los usuarios frecuentes, que días es más probable detectar a unos tipos o a otros, etc.

Por otra parte esta metodología de encuestación no da respuesta a una cuestión que en proyectos de transporte que consumen gran cantidad de recursos públicos resulta imprescindible, la generación de demanda. Nos referimos a dos formas de inducción de viajes, usuarios nuevos, es decir, usuarios que no viajaban con anterioridad y pasan a hacerlo debido a la existencia de un nuevo o mejorado modo de transporte, o incremento en la frecuencia de viaje de los actuales usuarios del sistema de transportes.

Cuando hablamos de tráfico generado hacemos referencia a viajes que se inducen por la presencia de esta alternativa, es decir a los precios, tiempos y características del transporte en la situación inicial, estos individuos no viajaban, o efectuaban menos viajes, ya que la utilidad de ese viaje era inferior a los costes asociados al mismo. Sin embargo, la modificación de la oferta de transporte cambia los costes de estos agentes, de manera que la utilidad de desplazarse supera a la desutilidad asociada. Este tipo de tráfico suele tener mucha importancia con la aparición de mejoras en el sistema de transporte, por ejemplo, el tráfico generado en el corredor Madrid-Sevilla tras la puesta en funcionamiento de la infraestructura ferroviaria de alta velocidad superó el 30% de la demanda total de este nuevo modo. Cifras como estas pueden hacer que la comparación entre costes y beneficios sociales de un proyecto de esta envergadura pueda incluso cambiar de signo.

Son precisamente las críticas a la utilización de encuestas a usuarios las que nos hacen plantearnos alternativas de encuestación que nos permitan solventar alguno de estos escollos ya que pretendemos realizar un análisis de bienestar social analizando el tráfico actual y futuro. La población que nos interesa es toda la afectada por el proyecto, que territorialmente acotamos en las poblaciones urbanas de Galicia,

Madrid y las provincias de León, Zamora y Valladolid⁶. Dentro de la población residente en estos territorios se consideró como universo poblacional a los mayores de 18 años. bDado que las entrevistas personales directas quedan fuera del conjunto de posibilidades de un proyecto de investigación de este tipo, optamos por la realización de encuestas telefónicas con el método o programa CATI BELLVIEW⁷.

Las entrevistas recogen información de la situación y el comportamiento de los entrevistados en el año 1999, información que se estructura en los siguientes bloques. El primero trata de recabar información sobre los viajes efectuados en el corredor durante el periodo establecido, 1999⁸. El segundo bloque trata de obtener la respuesta de los entrevistados ante un cambio en la oferta del ferrocarril. La tercera parte recoge las características socioeconómicas más importantes del individuo y su unidad familiar y por último un cuarto bloque son preguntas destinadas a captar preferencias o gustos particulares de los individuos.

Definir el escenario hipotético que se presenta a los entrevistados plantea un problema de diseño de experimentos ya que queremos precisar la respuesta a una oferta inexistente. Por otra parte, dado que no existe un escenario futuro de mejora del ferrocarril perfectamente definido, nos planteamos analizar la reacción de los agentes económicos ante la aparición de diferentes mejoras en el servicio ferroviario, que concretamos en diferentes combinaciones de tiempo de viaje y precio. Para cada origen destino fijamos 4 niveles de tiempos y precios, que se corresponderían con la existencia de diferentes mejoras en el tren, y dos posibles recorridos: León y Zamora. La aplicación de las técnicas de diseño ortogonal nos llevan a

⁶ Sabemos que al considerar este ámbito poblacional estamos dejando fuera una parte de los posibles afectados, todos aquellos que puedan utilizar las actuales o futuras infraestructuras y no residan en estas comunidades. En cualquier caso los motivos de no considerar a estos usuarios son dos, por un lado la imposibilidad económica de abordar un universo poblacional tan extenso y por otra parte el convencimiento y contrastación de que la gran mayoría de los usuarios actuales o potenciales del corredor pertenecen a su área territorial de influencia directa.

⁷ Este es un sistema de entrevistas telefónicas a tiempo real, capaz de soportar un gran número de entrevistas activas y terminales de supervisor en un único ordenador.

⁸ Definimos un periodo temporal de 1 año, 1999, refiriéndonos en todo momento a lo que hizo o hubiese hecho en este periodo. El elegir un periodo de un año nos permite solventar las dificultades derivadas de la falta de homogeneidad de los viajes durante las diferentes épocas del año. Por otra parte nos permite analizar el número de viajes de un individuo al año, y nos permitirá ver como cambia el número de viajes cuando le ofrecemos otras alternativas de transporte, es decir, nos permitirá estimar la demanda generada. El periodo temporal citado, 1999, será también el periodo de referencia para analizar el comportamiento hipotético. A los entrevistados no les preguntamos sobre su comportamiento en un periodo futuro cuando esté en funcionamiento esta nueva infraestructura ya que su respuesta estaría influida por la expectativa de evolución de su renta, de su situación personal o del resto de alternativas de transporte. Además, no obtendríamos el cambio en el bienestar derivado del cambio concreto en la oferta de transporte sino que tendríamos el cambio provocado por diferentes modificaciones en las condiciones económicas y sociales de los usuarios, una de las cuales es el cambio en la oferta de ferrocarril.

definir para cada origen destino 16 escenarios que son combinaciones oportunas de estos escenarios de tiempos, precios y recorridos (todas las combinaciones posibles son 32).

Una de las ventajas de este tipo de experimentos, donde enfrentamos a los individuos a varias alternativas, es que nos permiten obtener información con un número reducido de encuestas. En nuestro caso esto no es posible por tratarse de una encuesta telefónica. Por este motivo enfrentaremos a cada entrevistado a un único escenario hipotético para cada posible destino. La encuesta definitiva fue de 2703 entrevistas, distribuidas 1001 en Galicia, 1101 en Madrid y 601 en León, Zamora y Valladolid, con lo que nos movemos en un margen de error sobre la población urbana de estos territorios de entre el 3 y el 4%⁹. Dichas encuestas fueron distribuidas proporcionalmente a la población de las diferentes provincias y dentro de ellas se mantuvo la proporcionalidad de los diferentes tipos de municipios, además se estratificó por sexo y edad.

5. Demanda de transporte por motivo de ocio en el corredor Galicia-Madrid

Para construir el modelo de demanda de transporte por motivo de ocio y facilitar una medida del cambio en el bienestar ante la aparición de una nueva oferta de desplazamiento, comenzamos por la segunda etapa, modelo de elección de modo de transporte condicionado al número de viajes. Construimos un modelo logit multinomial en el que utilizamos la información tanto de los viajes actuales como de los futuros. Las variables explicativas utilizadas son el precio y el tiempo de cada alternativa, una constante específica para cada modo (coche, avión, autobús o tren) y una variable ficticia que trata de recoger la preferencia de los entrevistados por el nuevo tren que le ofrecemos, con unas características de frecuencia y puntualidad que difieren del tren actual.

La variable tiempo y precio de viaje se obtiene directamente de los usuarios ya que el cuestionario que les planteamos les pregunta su valoración subjetiva del tiempo y el precio del viaje en los modos disponibles. Dado que en algunos casos la información de costes y precios subjetivos no está disponible, reemplazamos este dato omitido acudiendo a los cuadros de horarios y precios de las empresas operadoras y las estimaciones de duración y coste del viaje de la Dirección General de Carreteras.

Con la estimación del modelo de elección discreta construiremos el excedente del consumidor en cada caso, para ello se calcula el máximo valor esperado de la utilidad indirecta, condicional al número de

viajes. Este cálculo de la utilidad indirecta no es invariante al modo de referencia elegido en cada caso, por ello, realizamos una transformación lineal que nos permita operar con valores positivos (McFadden, 1984). Dividiendo la expresión anterior por el valor absoluto del parámetro estimado para el coste monetario del desplazamiento calculamos el excedente del consumidor de los viajes actuales y de las opciones hipotéticas.

Este modelo logit multinomial utiliza todos los escenarios planteados a los individuos, lo que nos permite tener variabilidad. La estimación de este modelo calcula solamente $n-1$ constantes específicas, tomando uno de los modos de transporte disponibles como modo de referencia. En este caso el modo de referencia es el tren, por lo que el resto de variables deben interpretarse como las diferencias no explicadas por los regresores o gustos de los consumidores que provocan alteraciones en la probabilidad de elegir algún modo de transporte, frente al modo de referencia tren. Además, este modelo permite que el número de opciones de viaje disponibles para cada individuo pueda diferir, algo deseable en este caso ya que existen usuarios que no disponen, para este tipo de desplazamientos, de la alternativa avión.

En el cuadro 1 observamos que los parámetros tienen el signo esperado y son todos significativos¹⁰. La constante para el modo coche es positiva y significativa, lo que nos indica que los gustos de los consumidores hacen más probable la utilización del coche que la del tren. Lo contrario ocurriría en el caso del avión. El valor del tiempo implícito en el comportamiento de los usuarios viene determinado por el cociente entre la utilidad marginal del tiempo y la utilidad marginal de la renta, que en este caso son 1.325,29 pesetas/hora¹¹. Este es el valor medio que los actuales o potenciales usuarios de este corredor le otorgan a su tiempo de viaje, cuando viajan por motivo de ocio. La variable ficticia creada para el tren en el escenario hipotético, como esperábamos, tiene signo positivo y es significativa. Nos indica que la probabilidad de elegir tren se incrementa cuando ofrecemos un servicio de más calidad (puntual y con mayor frecuencia) aunque el resto de variables permanezca constante.

⁹ El reparto de encuestas no es proporcional a la población de cada comunidad, sino que busca obtener muestras representativas en cada región. Esta distribución de las encuestas nos obliga a incorporar en las estimaciones factores de elevación de los datos muestrales a la población que corrijan los sesgos derivados del muestreo utilizado.

¹⁰ Si estimamos el modelo sin incorporar los factores de elevación la constante para el autobús deja de ser significativa. Por lo tanto no podemos afirmar que existan diferencias significativas entre la preferencia por el tren y el autobús.

¹¹ Si no consideramos el factor de elevación este modelo nos facilita un valor del tiempo de 1.708 pesetas/hora. La diferencia de este valor con el anterior, a pesar de que los parámetros sólo varían marginalmente, podemos encontrarla en que los viajeros de Madrid son los que tienen una menor probabilidad de viajar, sin embargo son los que pasan a tener mayor peso, algo que tira hacia abajo del valor del tiempo.

Con los datos de los excedentes promedios por viaje obtenidos del modelo anterior construimos el modelo de recuento para analizar los determinantes del número de viajes. La variable dependiente es el número de viajes efectuados en la situación base y en la situación hipotética. Las variables explicativas son la renta familiar disponible, la edad, el nivel educativo, la negativa del excedente del consumidor del modelo multinomial, una variable ficticia que recoja el efecto de los viajes realizados por motivo del Xacobeo 99, tener familia fuera de la comunidad, tener residencia secundaria fuera de la comunidad, poseer vehículo privado, el número de miembros de la unidad familiar, la situación laboral y una constante.

El modelo obtenido que aparece reflejado en el cuadro 2, muestra los signos de los parámetros esperados para las variables, siendo todas ellas significativas. La renta, medida a través del logaritmo de la renta familiar disponible (\ln renta), nos muestra que los viajes aumentan a medida que se incrementa la renta aunque a unas tasas de crecimiento decrecientes. Un comportamiento similar tiene el nivel educativo del individuo (\ln educ), el número de viajes es mayor para los individuos con mayor cualificación. También aumenta el número de viajes cuando el entrevistado es un activo que trabaja. Por otra parte existen otras cuestiones relacionadas con los motivos para realizar viajes que afectan positivamente a los mismos, por ejemplo tener familia fuera de la comunidad de origen, o tener residencia secundaria fuera. El efecto Xacobeo 99 (x_{99}), que como sabemos ha actuado como un generador de viajes con destino Galicia, afecta positivamente a la cantidad de viajes¹². Por último, es mayor el número de viajes entre aquellos usuarios que poseen vehículo propio.

La edad y su cuadrado son significativas y con signo negativo, esto nos indica que el número de viajes disminuye a medida que se incrementa la edad. También disminuye el número de viajes cuando se incrementa el número de miembros de la unidad familiar.

El índice de precios que hemos calculado en el modelo multinomial que se corresponde con la negativa del excedente promedio por viaje es significativo y con signo negativo. Este es el resultado esperado ya que cuando mejoramos un servicio de transporte, en este caso el tren, el excedente promedio por viaje se eleva, por lo tanto el índice de precios calculado se vuelve más negativo, más barato y a medida que este precio desciende el modelo de recuento nos indica que aumenta el número de viajes.

Por último el modelo lleva incorporada una constante significativa y negativa, por lo que existen otros gustos o características de los individuos, no contempladas por el modelo, que repercuten negativamente en el número de viajes a efectuar. Este resultado es consistente con los datos disponibles ya que la

probabilidad de detectar a un individuo en la muestra que utilice este corredor es, en la actualidad, aproximadamente del 30%¹³.

Este modelo nos permitiría analizar las modificaciones producidas en la demanda de transporte ante actuaciones en la red de ferrocarriles. Aunque en este caso no estamos evaluando ninguna actuación concreta nos sirve para ver que la disponibilidad de un ferrocarril mejor incrementa el bienestar de los usuarios, tanto vía elección entre modos de transporte como derivado del número de viajes. Este último efecto, puede llegar a ser importante (Hausman, Leonard y Mcfadden (1995)) aunque no suele ser tenido en cuenta en este tipo de análisis. La cuantía de ambas magnitudes sólo puede analizarse para actuaciones concretas.

6. Demanda de transporte por motivo de trabajo en el corredor Galicia - Madrid

Al igual que en el modelo de ocio comenzamos con la estimación de la segunda etapa, condicionada al número de viajes realizados. En este caso la construcción y los regresores del modelo de elección son los mismos que en el modelo anterior, es decir, los atributos tiempo y precio, una variable ficticia que recoge la presencia de un tren mejorado y una constante para cada modo que incorpora los gustos de los consumidores (cuadro 3). La muestra analizada sólo incorpora a los individuos que trabajan, apareciendo como variable dependiente cada uno de los viajes que efectúan. El ratio entre los parámetros del tiempo y el precio nos proporciona de nuevo una valoración del tiempo medio de viaje, que en este caso es de 6.112,89 pesetas/hora¹⁴.

Con los parámetros de modelo de elección discreta construimos el excedente del consumidor promedio, cuya negativa será de nuevo uno de los regresores utilizados en el modelo de recuento. En este caso, se incorporan las características de la empresa y las del puesto de trabajo que desempeña el usuario, como puede observarse en el cuadro 4.

¹² Para extrapolar los resultados de este análisis a otro año deberíamos descontar este efecto.

¹³ La significatividad de los parámetros cae cuando no consideramos los factores de elevación. En este caso sólo resultan significativas el excedente del consumidor (con un valor igual), el efecto del año Xacobeo 99 (con un valor inferior ya que la muestra de Galicia toma mayor peso), el nivel educativo, tener familia o residencia fuera de la comunidad de origen o tener coche.

¹⁴ En el modelo sin uniformar las muestras este valor es de 3.733 pesetas/hora. Las diferencias en ambos valores se deben, por un lado a que los usuarios de Madrid y Galicia presentan una mayor valoración del tiempo que los de Castilla-León. Esto se manifiesta al ponderar las muestras de forma correcta. Por otra parte, para las dos primeras comunidades existe como opción de transporte la alternativa avión y además el porcentaje de viajes en coche es

Entre las variables que tienen un efecto positivo y significativo sobre el número de viajes está que nos encontremos con un trabajador por cuenta propia, con o sin asalariados. Si la empresa pertenece al sector industrial, el número de viajes aumenta frente a la construcción que es el sector de referencia. También se incrementa el número de viajes al aumentar el tamaño de la empresa. Por último, la constante es positiva indicándonos que tanto la probabilidad de viajar como el número de viajes es muy superior en los viajes de trabajo que en los de ocio.

Dentro de las variables con efecto negativo sobre el número de viajes está el grado de responsabilidad en la empresa, variable que crece en la medida que la responsabilidad decrece, por lo tanto el número de viajes desciende cuando desciende la posición del trabajador en el organigrama de la empresa. La renta familiar disponible afecta negativamente al número de viajes, este resultado parece contrario al anterior ya que esperaríamos que a mayor nivel de responsabilidad mayor nivel de remuneración. Debemos tener en cuenta que en la variable renta familiar disponible se incorpora la estructura laboral de la unidad familiar y puede no ser una buena aproximación a la remuneración. También presenta un efecto contraintuitivo la variable nivel educativo, mostrándonos un menor número de viajes en la medida en que el grado de formación aumenta. Si analizamos el efecto conjunto de las tres variables podemos concluir que a mayor nivel de formación y mayor renta familiar menor número de viajes que la media, a pesar de ocupar puestos de responsabilidad en la empresa. El efecto de mayor número de viajes en la medida en que aumenta la responsabilidad se debe a la presencia de trabajadores por cuenta propia, situados siempre en el nivel más alto de la responsabilidad de la empresa.

Los trabajadores del sector agrícola o servicios presentan un menor número medio de viajes que los del sector de la construcción y la industria, y por último el número de viajes desciende en la medida en que nos encontremos con individuos mayores.

Respecto al excedente promedio por usuario, esta variable es significativa y con el signo correcto. Si comparamos este parámetro con el obtenido en el modelo de ocio vemos que el número de viajes de ocio es más sensible a cambios en el excedente del consumidor que el número de viajes de trabajo. Este resultado respondería a un comportamiento racional ya que en la determinación del número de viajes no interviene sólo el usuario, sino que es una decisión tomada en muchos casos sólo por la empresa y ésta, en la determinación del número óptimo de viajes, no incorpora directamente la utilidad individual. Por ello,

menor. Ambas razones provocan que uniformando correctamente las muestras los valores obtenidos sean mucho mayores que los iniciales.

esperamos que el número de viajes de trabajo sea más estable a cambios en la oferta de modos de transporte, que los viajes de ocio.

7. Independencia de Alternativas Irrelevantes y modelos anidados.

Uno de los principales problemas de los modelos logit multinomiales o logit condicionales es el supuesto de independencia de alternativas irrelevantes (IIA). Esta propiedad tiene dos implicaciones claras, por un lado el ratio de probabilidades entre cada par de alternativas es independiente de cualquier otra alternativa¹⁵ y por otro lado que la elasticidad de sustitución cruzada de cualquier alternativa respecto de algún atributo de otra es independiente de las características de la primera.

$$\frac{P_{rojo}^b}{P_{azul}^b} = \frac{e^{X_{rojo}^b \mathbf{b}}}{e^{X_{azul}^b \mathbf{b}}}$$

$$\frac{\partial P_j}{\partial X_{ki}} \frac{X_{ki}}{P_j} = -P_k \mathbf{b}_i X_{ki}$$

A pesar de los problemas que puede plantear esta propiedad la ventaja de los modelos logit anidados es su simplicidad de cálculo, de manera que pueden operar con un gran número de alternativas, motivo por el que suele ser el punto de partida de cualquier análisis de elección discreta.

Entre las formas posibles de superar la restricción de este modelo se encuentran los modelos anidados y los probit multinomiales. En el caso del logit multinomial anidado (NMNL) se incorpora a la elección el diferente grado de sustitución existente entre las diferentes alternativas, lo que supone que los errores se distribuyen siguiendo una distribución generalizada de valor extremo (McFadden, 1976). Otra forma de superar el problema de IIA es considerar que los errores se distribuyen siguiendo una distribución normal multivariante, en este caso estamos ante el denominado modelo Probit multinomial. Este modelo supera los inconvenientes de la IIA pero presenta la desventaja de tener que estimar tantas integrales como alternativas menos una, algo que se vuelve complicado cuando estamos en presencia de gran número de alternativas y/o cuando la muestra con la que operamos es pequeña. Ambas cuestiones provocan que en la

¹⁵ Esta propiedad puede provocar importantes problemas de predicción, expuestos tradicionalmente en la paradoja del bus rojo-bus azul. Esta paradoja viene a decirnos que ante la existencia de dos modos de transporte que se reparte el mercado proporcionalmente, la aparición de un nuevo modo hace que el reparto de cuotas de mercado continúe siendo proporcional, y esto es así a pesar de que puedan existir diferentes grados de sustitución entre las alternativas. El grado de sustitución que existe entre dos autobuses que sólo se diferencian en el color, es muy superior al que puede existir con un modo de transporte totalmente diferente.

mayoría de los trabajos aplicados se opte por relajar el supuesto de IIA a través del desarrollo y estimación de modelos anidados.

Este modelo anidado parte de que existen alternativas de elección que son más próximas o sustitutas de otras que el resto, de este modo podremos dividir el conjunto de alternativas disponibles en subconjuntos parecidos, dentro de los cuales supondremos además que existe IIA. De este modo el comportamiento de los individuos seguirá una estructura de elección donde en primer lugar el individuo elige el subconjunto que le proporciona mayor satisfacción, de todos los que dispone, y una vez elegido este subconjunto concreto se inclinará por la elección de alguna de las alternativas concretas que pertenecen a dicho subconjunto.

Supongamos que las k alternativas disponibles podemos dividir las en S subconjuntos, de modo que cada alternativa sólo en este presente en un grupo. Supongamos además que cada subgrupo S contiene un número de alternativas j. En este caso, asumiendo una función indirecta de utilidad lineal, la utilidad de elegir la alternativa j perteneciente al subgrupo S vendrá dada, para el caso general de la parte determinística, por la expresión

$$V_{j,S} = \mathbf{b}_a X_S + \mathbf{b}_b Y_{j,S}$$

Donde: X_S = características propias del subgrupo S, por lo tanto constantes para todas las alternativas del grupo.

β_a = parámetros asociados a las características de los subgrupos

$Y_{j,S}$ = vector de atributos específicos de la alternativa j

β_b =vector de parámetros de los atributos.

La probabilidad de elegir la alternativa j vendrá dada por la expresión

$$P_j = P_{j/S} P_S$$

donde: π_j = probabilidad de elegir la alternativa j.

$\pi_{j/S}$ =probabilidad de elegir la alternativa j condicionada a la elección del subgrupo S.

π_S = probabilidad de elegir el subgrupo S.

Suponiendo una distribución generalizada de valor extremo de la parte aleatoria (McFadden)

$$P_S = \frac{\exp(\mathbf{b}_a X_S + \mathbf{g}_S I_S)}{\sum_{t=1}^S \exp(\mathbf{b}_a X_t + \mathbf{g}_t I_t)}$$

$$\text{con } I_t = \ln \left(\sum_{j \in S_t} \exp(\mathbf{b}_b Y_{j,t} / \mathbf{g}_t) \right)$$

I_t se denomina valor inclusivo y podemos interpretarlo como la preferencia por determinado subgrupo. Es una medida de la utilidad máxima que tienen las diferentes alternativas incluidas en este grupo, por ello cuanto mayor sea el valor inclusivo mayor será la preferencia por ese subgrupo. El parámetro asociado a esta variable nos permite medir lo parecidas que son las alternativas del subgrupo o proximidad entre alternativas. McFadden (1981) demostró que el NMNL es consistente con la teoría de la maximización de la utilidad sí y sólo si los coeficientes de el/los valores inclusivos se encuentra en el intervalo cero, uno. Un valor próximo a cero indicaría que las alternativas del grupo son muy parecidas, tienen mucho en común, mientras que valores próximos a uno indicarían escasa similitud entre alternativas de modo que no tiene sentido agruparlas.

La probabilidad de elegir la alternativa j condicionada a la elección del subgrupo S vendrá dada por la expresión

$$P_{j/S} = \frac{\exp(\mathbf{b}_b Y_{j,S} / \mathbf{g}_S)}{\sum_{K \in S} \exp(\mathbf{b}_b Y_{k,S} / \mathbf{g}_S)}$$

con el mismo formato que el logit multinomial pero calculado sólo sobre las alternativas de cada subgrupo.

Existen dos métodos de estimación de estos modelos anidados, FIML (Full Information Maximum Likelihood) que nos permite obtener tantos parámetros para los valores inclusivos como número de subgrupos, o la estimación en dos etapas. En este caso en primer lugar estimamos la elección entre alternativas condicionada al grupo al que pertenecen, de esta estimación obtenemos los valores inclusivos para cada subgrupo, que utilizaremos como variable independiente en la estimación de la probabilidad de elección de cada subgrupo. En este caso sólo obtenemos un coeficiente para el valor inclusivo.¹⁶

En el NMNL el cálculo del excedente del consumidor por viaje (Small and Rosen 1982) viene dado por

$$S = \frac{1}{\mathbf{a}} \ln \left(\sum_{t=1}^S \exp(I_t \mathbf{g}_t + \mathbf{b}_a X_t) \right)$$

Siendo α la utilidad marginal de la renta.

Aplicación de NMNL al corredor de transporte Galicia-Madrid.

¹⁶ En este caso la estimación de los parámetros no nos permite obtener los verdaderos valores de β_b^* , sino que obtenemos $\beta_b = \beta_b^* / \gamma$, si queremos obtener el verdadero valor de los coeficientes debemos multiplicar el valor estimado por el coeficiente del valor inclusivo. En todo caso esto no es necesario ni para el cálculo de bienestar ni del valor del tiempo.

Partiendo del modelo logit multinomial (MNL) y siguiendo el planteamiento de Hausman y McFadden (1984), suponer que la hipótesis de IIA no es una restricción implica que alterar el número de alternativas disponibles no debe cambiar los parámetros de la estimación. Si se modifican se debe a la existencia de un problema derivado del supuesto de IIA. Para analizar este problema calculamos el test de Hausman (Greene)

$$c^2 = (\hat{\mathbf{b}}_r - \hat{\mathbf{b}}_f)' [\hat{V}_r - \hat{V}_f]^{-1} (\hat{\mathbf{b}}_r - \hat{\mathbf{b}}_f)$$

donde r hace referencia a la estimación del modelo restringido (excluimos alguna alternativa) y f representa el modelo completo.

En nuestro caso, la aplicación de este test a los viajes realizados por motivo de trabajo o de ocio nos indica que se rechaza la hipótesis nula (el modelo restringido y el completo son iguales) por lo que los coeficientes no son independientes de las alternativas implicadas, es decir, la hipótesis de IIA implícita en el MNL, supone un problema para nuestros datos.

Como hemos visto las alternativas para superar este problema son los modelos probit multinomiales o el NMNL. Los requisitos computacionales del modelo probit nos obligan a operar con un número fijo de alternativas disponibles. Este supuesto no se ajusta a nuestras necesidades ya que los usuarios del corredor disponen de diferente número de alternativas dependiendo del origen y el destino de su viaje. Aplicar un modelo probit nos obligaría a tratar cada origen destino por separado lo que nos impediría efectuar el análisis conjunto del número de viajes, por otra parte nos obligaría a dividir la muestra de tal forma que los datos disponibles en cada caso no cumplirían los requisitos para su computación. Superar IIA manteniendo las diferencias en el número de alternativas disponibles nos obliga a optar por la estimación de un NMNL.

En el corredor de transporte que estamos analizando la aplicación de un modelo anidado nos obliga a agrupar los modos de transporte disponibles en función de alguna característica. Nos planteamos, en principio, la posibilidad de diferenciar entre dos tipos de anidados. En primer lugar diferenciamos entre modos de transporte públicos y privados. Este caso nos lleva a un árbol de decisión (Esquema 1) en el que el individuo decide en primer lugar si desea efectuar el desplazamiento en su vehículo o si opta por alguno de los modos de transporte públicos o colectivos (avión, autobús o tren). Justificaría esta diferenciación que los modos públicos están sujetos a un horario y frecuencia prefijados mientras que el usuario del coche tiene libertad para fijar el horario. Por otra parte el vehículo privado presenta especificidades respecto al transporte público tales como el permitir el uso en el destino o tener mayor permeabilidad al territorio o el hecho de que el usuario tiene capacidad para modificar el coste aumentando el índice de

ocupación. Una vez que el individuo ha optado por el transporte público o el privado tendrá que decidir, en el caso del transporte público, cual de las alternativas disponibles es su preferida.

Otra diferenciación clásica en transporte es la establecida entre la carretera y el resto de alternativas (Esquema 2). En primer lugar el individuo decidirá si realiza un desplazamiento por carretera o por otro modo conociendo que los índices de accidentabilidad, la seguridad, la fiabilidad, el confort, la posibilidad de llegar a destino a primera hora de la mañana, etc son diferentes en ambas opciones. Una vez decidido por la carretera o por otras formas de desplazarse tendrá que decidir cual de las alternativas disponibles en cada subgrupo es la que prefiere.

Para el corredor de transporte Galicia-Madrid estimamos ambos anidados tanto para los viajes de trabajo como para los de ocio. En el caso de los viajes de ocio la estimación por FIML presenta problemas, tanto de convergencia como de resultados ya que con las estructuras decisionales consideradas las mejores estimaciones de los I.V. se sitúan fuera del intervalo (0,1). Una de las formas de solucionar este problema es plantearse otros árboles de decisión que agrupen alternativas próximas. En este caso, a pesar de probar con todas las combinaciones posibles de las 4 alternativas de transporte no conseguimos obtener ninguna estimación consistente, algo, por otra parte, que no garantiza este método.

Este motivo nos lleva a plantear una estimación en dos etapas. En este caso los problemas son de convergencia de la segunda etapa. Por lo tanto, para los viajes de ocio no hemos podido obtener un modelo anidado comparable al modelo MNL. Por este motivo los resultados del modelo MNL, a pesar de los problemas que plantea, se corresponden con los mejores que hemos podido obtener para este tipo de viajes.

Para los viajes de trabajo seguimos la misma estrategia. Comenzamos estimando los anidados propuestos por FIML, obteniendo una estimación para el árbol carretera resto de modos con parámetros de los I.V. situados en el intervalo (0,1). Los resultados de esta estimación que aparecen en el Cuadro 5, nos muestran un parámetro para el I.V. de la carretera de 0,7645 mientras que el del resto de modos es de 0,8906. Esto nos lleva a decir que a pesar de que los grupos formados no parecen ser demasiado parecidos, la similitud entre el coche y el autobús es superior a la existente entre el tren y el avión.

Los resultados anteriores nos permiten el cálculo de un nuevo valor del tiempo para los viajes realizados por motivo de trabajo de 8.625 pesetas/hora. Valor un 40% superior al obtenido en el modelo sin anidar.

Las estimaciones obtenidas con el método en dos etapas, no nos proporcionan, en ningún caso, resultados que converjan. Con las estimaciones anteriores calculamos el excedente del consumidor por viaje y el excedente promedio, variable que utilizaremos como regresor en el modelo de recuento. Los resultados de este modelo incorporando los excedentes del modelo anidado aparecen en el cuadro 6. En este caso los parámetros tienen el mismo signo que el obtenido con los datos del modelo sin anidar y se mantienen en valores muy similares aunque en general tienen un valor absoluto menor. Las medidas de bienestar que valoren escenarios concretos permitirán comprobar las diferencias existentes entre este modelo y el modelo de recuento procedente de un modelo de elección no anidado.

7. Conclusiones

La metodología desarrollada nos permite analizar tanto cambios en la elección de modo de transporte como en el número de desplazamientos. Ambas dimensiones son imprescindibles cuando queremos responder al cambio en el bienestar derivado de una modificación importante de la oferta de transporte. La particularidad de este bien es que al incorporar, entre otras, una dimensión monetaria y otra temporal nos obliga a tener en cuenta más elementos que los estrictamente valorados en el mercado. Por este motivo debemos incorporar las preferencias de los individuos por los diferentes atributos de los modos de transporte. De este modelo obtendremos una medida que podremos utilizar como índice de precios que nos permita estimar el número de unidades consumidas del bien o número de viajes.

Por otra parte, con este planteamiento podemos aproximar una medida del cambio en el bienestar que incorpore el potencial incremento de viajes que se puede producir. La aplicación práctica de este modelo nos obliga a situarnos en el campo de las preferencias manifestadas y el diseño de experimentos, que en este caso aplicamos a una hipotética mejora del servicio ferroviario de pasajeros en el corredor de transporte Galicia-Madrid.

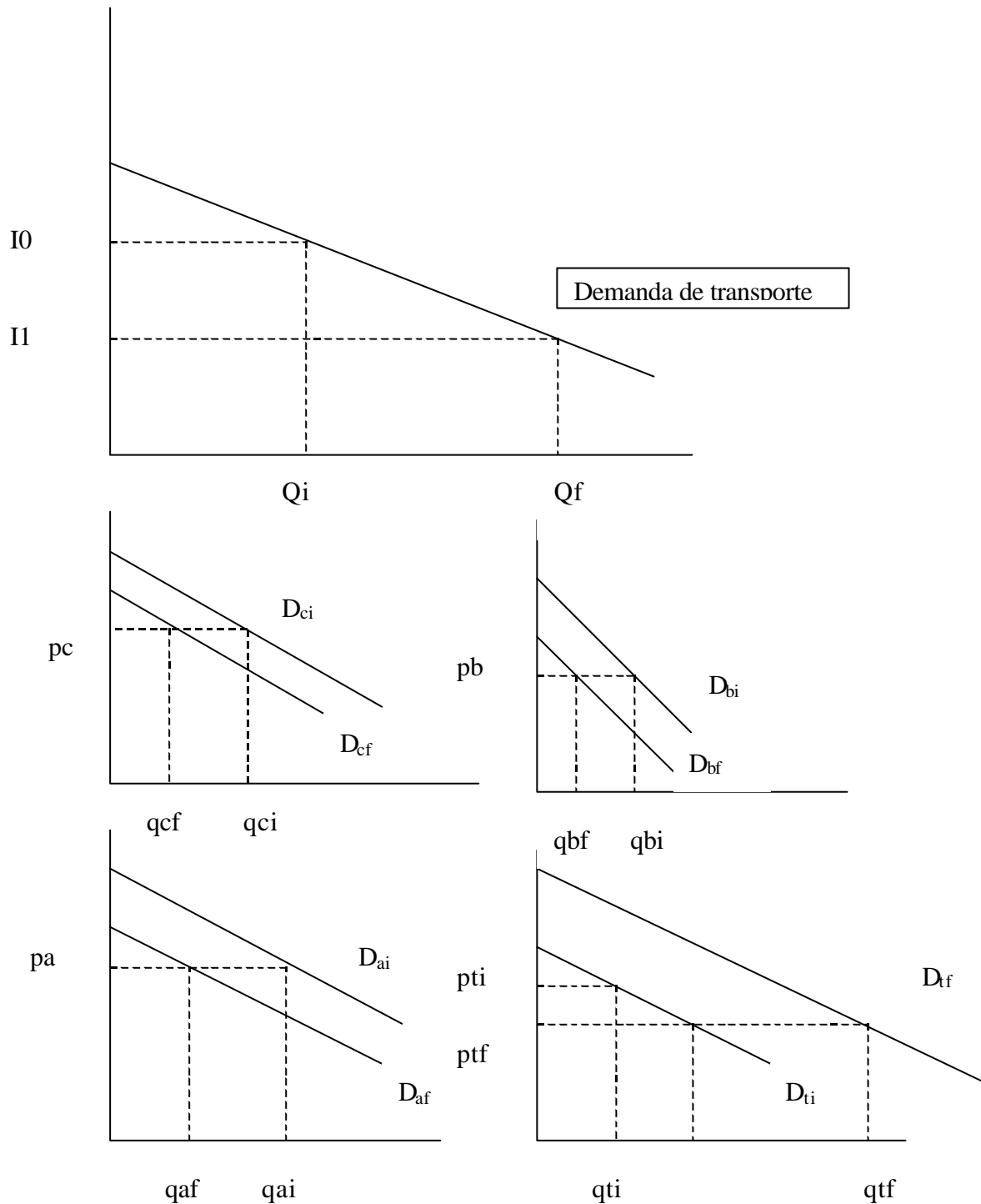
El gráfico 1 recoge la situación que deseamos analizar. Como podemos observar la modificación de los atributos del ferrocarril provocan una disminución de la demanda del resto de modos de transporte a la vez que una expansión de la demanda del ferrocarril, incremento que supera a las pérdidas de demanda del resto de modos de transporte por dos motivos, por un lado la aparición de nuevos viajeros y por otro por el incremento de demanda de los usuarios anteriores. La cuantificación de estos efectos deberá ser evaluada para cada una de las políticas de mejora del ferrocarril que tratemos de analizar.

El desarrollo del modelo aplicado nos ha permitido comprobar la diferente valoración del tiempo que presentan los usuarios de ocio y de trabajo. A pesar de esto, el objetivo de este trabajo no es el de obtener una correcta valoración del tiempo de los usuarios, si este fuese nuestro planteamiento podríamos haber desarrollado modelos de elección discreta que nos mostrasen las valoraciones del tiempo de los usuarios de los diferentes modos de transporte. De manera que, en lugar de obtener una valoración media, tendríamos el valor medio de cada uno de los colectivos de usuarios. En nuestra aproximación este análisis se ha descartado por la necesidad de contar con parámetros similares para poder aplicar esta metodología en dos etapas.

Otra de las conclusiones del modelo es que los viajes por motivo de ocio son más sensibles a cambios en la oferta de transporte que los viajes de trabajo ya que estos se encuentran determinados por las necesidades de la empresa, mientras que en los primeros parece funcionar en mayor medida la idea de que la oferta genera demanda.

Por otra parte, aunque no estamos evaluando actuaciones concretas si observamos que la escasa utilización del ferrocarril actual no obedece a un cambio en los gustos de los consumidores, que ya no se sienten atraídos por este modo. Mas bien la explicación podemos encontrarla en la obsolescencia de este servicio y a la mejora absoluta y relativa del resto de alternativas de transporte. Prueba de ello es que los usuarios parecen dispuestos a cambiarse al tren siempre que se mejore su servicio.

Gráfico1. Demanda total de transporte. Reparto de la demanda total entre los diferentes modos. $Q_i = q_{ci} + q_{bi} + q_{ai} + q_{ti}$; $Q_f = q_{cf} + q_{bf} + q_{af} + q_{tf}$



Cuadro1. Modelo Logit Multinomial para los viajes de ocio.

Variable	Coficiente	P-valor
Tiempo	-0,00205774	0,0000
Precio	-0,00009316	0,0000
Fut	3,051789845	0,0000
A-Coche	1,622554132	0,0000
A-Avi3n	-0,34716029	0,0000
A-Autob3s	-0,05072623	0,0000

RsqAdj=44,8% LogL=-11153225

Cuadro 2. Modelo de Recuento Poisson para viajes de ocio.

Variable	Coficiente	P-valor
Constante	-2,25273	0,0000
X99	0,131228	0,0000
Lrenta	0,404524	0,0000
Lrenta2	-0,01975	0,0000
Neg-exc	-0,000057518	0,0000
Educ	0,003462	0,0000
Edad	-0,00166	0,0000
Edad2	-0,0000029	0,0263
Miembros	-0,0067988	0,0000
Coche	0,156344	0,0000
Fam-out	0,290836	0,0000
Res-out	0,178987	0,0000
Trabaja	0,0236629	0,0000

Log L=-9989934

Cuadro3. Modelo Logit Multinomial para los viajes de trabajo.

Variable	Coficiente	P-valor
Tiempo	-0,00478553	0,0000
Precio	-0,00004697	0,0000
Fut	2,431570052	0,0000
A-Coche	1,118261337	0,0000
A-Avi3n	0,495319669	0,0000
A-Autob3s	-0,43949998	0,0000

RsqAdj=37,1% LogL=-3377028

Cuadro 4. Modelo de Recuento Poisson para viajes de trabajo.

Variable	Coe ficiente	P-valor
Constante	18,9833	0,0000
Lrenta	-2,8834	0,0000
Lrenta2	0,13652	0,0000
Neg-exc	-0,0000177721	0,0000
Educ	-0,1798149	0,0000
Edad	-0,096418	0,0000
Edad2	0,00108966	0,0000
Cpropia	0,279464	0,0000
Agricultura	-0,341268	0,0000
Industria	0,00492861	0,0329
Servicios	-0,0066325	0,0002
Tamaño	0,03712087	0,0000
Responsabilidad	-0,0364617	0,0000

Log L=-2692579

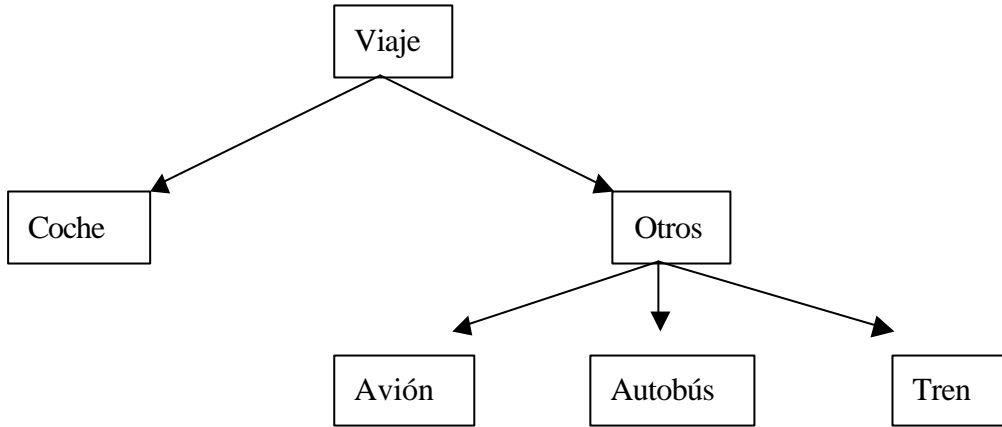
Cuadro5. Modelo Logit Multinomial Anidado para los viajes de trabajo.

Variable	Coefficiente	P-valor
Tiempo	-0,0068359018	0,0000
Precio	-0,0000475571	0,0000
Fut	1,648227221	0,0000
A-Avi3n	-0,5197879007	0,0000
A-Autob3s	-1,319153071	0,0000
I.V. carretera	0,7645049482	0,0000
I.V. Otros	0,8906484797	0,0000

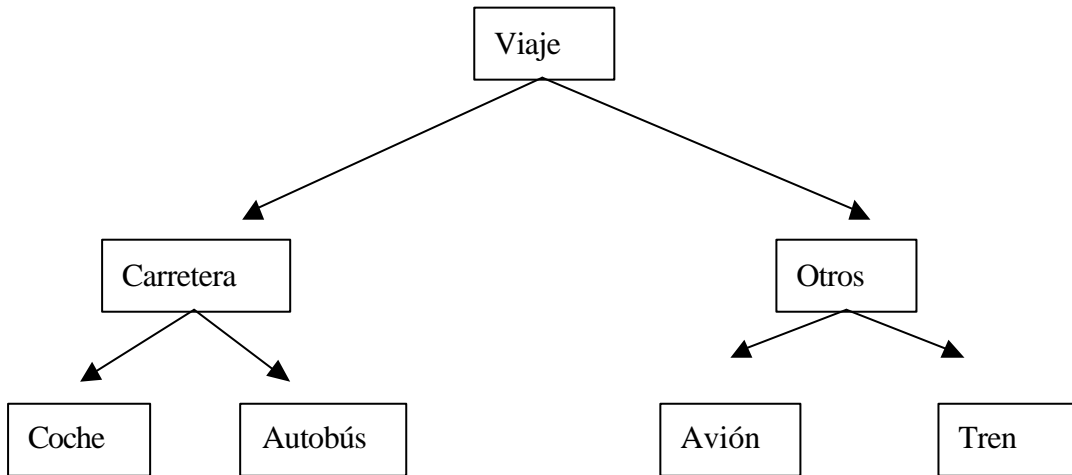
Cuadro 6. Modelo de Recuento Poisson (datos del NMNL) para viajes de trabajo.

Variable	Coefficiente	P-valor
Constante	17,48126562	0,0000
Lrenta	-2,362600391	0,0000
Lrenta2	0,1188716224	0,0000
Neg-exc	-0,0000171628	0,0000
Educ	-0,1921573402	0,0000
Edad	-0,1990082758	0,0000
Edad2	0,0022936464	0,0000
Cpropia	0,2394500308	0,0000
Agricultura	-0,3820260436	0,0000
Industria	0,2516321454	0,0329
Servicios	0,06742148826	0,0002
Tama3o	0,01576654455	0,0000
Responsabilidad	-0,06568336457	0,0000

Esquema 1. Modelo anidado para coche - resto de modos



Esquema 2. Modelo anidado para carretera-resto.



Bibliografía

- Alvarez, O. and Herce, J. A. (1991) "Nuevas líneas ferroviarias de alta velocidad en España y sus efectos económicos" *Economía Aplicada* n.1, pp.5-32.
- Becker, Gary (1965) "A Theory of the Allocation of Time". *The Economic Journal* vol.75, pp.493-517.
- Beesley, M. E. (1965) "The Value Of Time Spent in Travelling: Some New Evidence" *Economica*, vol.32, pp.175-185.
- Ben-Akiva, M. and Lerman, S. (1997) *Discrete Choice Analysis*. 7^a edition. MIT Press.
- Cameron, C. and P.K. Trivedi (1998) *Regression Analysis of Count Data*. Cambridge University Press.
- DeSerpa A. (1971) "A Theory of the Economics of Time". *The Economic Journal*, vol.81, pp.828-845.
- DeSerpa A. (1973) "Microeconomic Theory and the Valuation of Travel Time: Some Clarification". *Regional and Urban economics* vol. 2, pp.401-410.
- Evans, A. W. (1972) "On the Theory of the Valuation and Allocation of Time" *Scottish Journal of Political Economy* 19, pp.1-17
- Hanley, N. , Gary Koop, R. Wright and B. Álvarez-Farizo (1999) "Go climb a mountain: an application of recreation demand models to rock climbing in Scotland".
- Hausman, J., B. Hall and Z. Griliches, (1984) "Econometric models for count data with an application to the patents-R&D relationship". *Econometrica*,52.
- Hausman, J., G. Leonard, D. McFadden, (1995) "A utility-consistent,combined discrete choice and count data model. Assessing recreational use losses due to natural resource damage". *Journal of Public Economics*, 56.
- Hoehn, J., Theodore Tomasi, Frank Lupi and Heng Chen (1996) "An Economic Model for valuing Recreational Angling Resources in Michigan". Main Report.
- Jara-Díaz, S. (1998) "Time and Income in Travel Choice: Towards a Microeconomic Activity-Based Theoretical Framework" in Gärling, T., T. Laitila, K. Westin, editors (1998) *Theoretical Foundations of Travel Choice Modeling*. Pergamon.
- Johnson, B. (1966) "travel Time and the Price of Leisure" *Western Economic Journal*, pp.135-145.
- McFadden, D. (1981) "Econometric models of probabilistic choice". En: C. Manski and D. McFadden, eds., *Structural analysis of discrete data with econometric applications* (MIT Press, Cambridge, MA).
- Parsons, G., P. Jakus and T. Tomasi, (1999) "A comparison of welfare estimates from four models for linking seasonal recreational trips to multinomial logit models of site choice". *Journal of Environmental Economics and Management*, 38.
- Oort, C. (1969) "The evaluation of Travelling Time". *Journal of Transport Economics and Policy*, vol.12, pp. 279-286.
- Ortúzar, J. y L. G. Willumsen (1999) *Modelling Transport* .2^a Edition
- Riera, Antoni (2000) "Modelos de elección discreta y coste del viaje. Los espacios naturales protegidos en Mallorca". *Revista de Economía Aplicada*, n. 24
- Sandström, M. (1996) "Recreational benefits from improved water quality: A random utility model of Swedish seaside recreation". Workig paper n. 121, Stockholm School of Economics.
- Small, K. and H. Rosen, (1981) "Applied welfare economics with discrete choice models". *Econometrica* 49.
- Truong, T. and Hensher, D. (1985) "Measurement of Travel Time Values and Opportunity Cost from a Discrete-Choice Model". *The Economic Journal*, vol.95, pp.438-451.