

Curso 1994/95
HUMANIDADES Y CIENCIAS SOCIALES

ROSA MARINA GONZÁLEZ MARRERO

**La demanda de transporte de pasajeros
en el trayecto Gran Canaria-Tenerife.
Una aplicación de los modelos de elección discreta**

Directores
JUAN DE DIOS ORTÚZAR SALAS
NIEVES ROSA PÉREZ MARANTE



SOPORTES AUDIOVISUALES E INFORMÁTICOS
Serie Tesis Doctorales

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.

CAPÍTULO 2: EL TRANSPORTE INTERINSULAR DE PASAJEROS EN LA LÍNEA TENERIFE-GRAN CANARIA.

2.0.- INTRODUCCIÓN.

2.1.- MARCO GEOGRÁFICO Y CONFIGURACIÓN DEL TRANSPORTE.

2.1.1.- La Oferta de Servicios de Transporte Interinsular. La línea Tenerife-Gran Canaria.

2.2.- LA DEMANDA DE TRANSPORTE DE PASAJEROS. LA LÍNEA TENERIFE-GRAN CANARIA.

2.2.1.- Análisis de la Demanda Total de Pasajeros. Estimación de un modelo ARIMA.

2.2.2.- La Demanda de Pasajeros a Nivel Desagregado: Avión, Jet Foil y Ferry.

2.3.- CARACTERÍSTICAS DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE EN LA LÍNEA TENERIFE-GRAN CANARIA.

2.3.1.- Análisis de los Resultados de la Encuesta.

2.4.- CONCLUSIONES.

CAPÍTULO 3: MODELOS DE ELECCIÓN DISCRETA: FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y ANÁLISIS DE LAS DISTINTAS FORMULACIONES

3.0.- INTRODUCCIÓN

3.1.- UN MARCO PARA LAS TEORÍAS DE ELECCIÓN.

3.1.1.- La Teoría de la Elección Discreta.

3.1.2.- La Teoría de la Elección Probabilística.

3.2.- FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LOS MODELOS DE ELECCIÓN DISCRETA.

3.2.1.- El Modelo de Utilidad Aleatoria.

3.3.- ESTIMACIÓN DE LOS MODELOS DE ELECCIÓN DISCRETA: DISTINTAS FORMULACIONES ECONÓMICAS.

3.3.1.- Forma Funcional de la Función Probabilística.

3.3.1.1.- El Modelo de Probabilidad Lineal

3.3.1.2.- Modelos Logit y Probit Binomiales.

3.3.1.3.- El modelo logit simple o multinomial. (MNL).

3.3.1.4.- El logit jerárquico. (Nested Logit).

3.3.1.5.- El Probit Multinomial.

3.3.2.- Forma Funcional y Transformaciones de la Función de Utilidad.

3.3.2.1.- Consideraciones teóricas para determinar la especificación la función de utilidad y establecer las variables relevantes.

3.3.2.2.- La renta y su introducción en la función de utilidad.

3.4.- CONCLUSIONES.

CAPÍTULO 4: ESTIMACIONES DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE.

4.0.- INTRODUCCIÓN.

4.1.- CONSIDERACIONES PREVIAS A LA ESTIMACIÓN.

4.2.- OPERATIVIDAD DE LA ENCUESTA UTILIZADA.

4.3.- TRATAMIENTO DE LA ENCUESTA.

4.4.- SELECCIÓN DE LAS VARIABLES EXPLICATIVAS.

4.4.1.- Variables de Niveles de Servicio.

4.4.1.1.- El precio.

4.4.1.2.- El tiempo.

4.4.1.3.- La frecuencia.

4.4.2.- Variables Socioeconómicas.

4.5.- ESPECIFICACIÓN DEL MODELO.

4.5.1.- Selección y Estimación de los Modelos de Demanda.

4.5.1.1.- Primeras aproximaciones: modelos binomiales.

4.5.1.2.- Modelos multinomiales.

4.5.2.- Análisis de los Resultados.

4.6.- CONCLUSIONES.

CAPÍTULO 5.- APLICACIONES DE LOS MODELOS DE ELECCIÓN DISCRETA: EL VALOR SUBJETIVO DEL TIEMPO Y PREDICCIONES DE DEMANDA.

5.0.- INTRODUCCIÓN.

5.1.- EL VALOR SUBJETIVO DEL TIEMPO: REVISIÓN TEÓRICA Y ESTIMACIONES PARA LOS VIAJEROS DE LA LÍNEA GRAN CANARIA-TENERIFE.

5.1.1.- Teoría Microeconómica del Valor del Tiempo.

5.1.2.- Estimaciones del Valor Subjetivo del Tiempo.

5.1.2.1.- Consideraciones previas a la estimación.

5.1.2.2.- Resultados para los pasajeros de la línea Gran Canaria-Tenerife.

5.2.- PREDICCIONES DE DEMANDA: MÉTODOS Y RESULTADOS OBTENIDOS.

5.2.1.- Teoría de la Agregación.

5.2.2.- Predicciones de Demanda para los pasajeros de la línea Gran Canaria-Tenerife.

5.2.2.1.- Las elasticidades.

5.3.- CONCLUSIONES.

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ANEXOS.

ANEXO 2.1: Correlogramas de los Residuos y Análisis Univariante de la Demanda en Aviación, Jet Foil y Ferry.

ANEXO 2.2: Preguntas Planteadas a los Viajeros y Agrupamiento de las Respuestas.

ANEXO 2.3: Reparto Modal.

ANEXO 2.4: Gráficos.

ANEXO 3.1: Evaluación de los Modelos de Elección Múltiple.

ANEXO 4.1: Otras Estimaciones.

ANEXO 5.1: El Valor del Tiempo para Viajeros con Distinta Frecuencia de Viaje.

ANEXO 5.2: Predicciones de Demanda para los Modelos Estimados.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

Las características geográficas del archipiélago canario, derivadas del fraccionamiento de su territorio en islas, configuran al transporte aéreo y marítimo como las únicas alternativas viables para realizar un viaje interinsular.

Los movimientos de pasajeros entre las islas Canarias se organizan en torno a las dos islas capitalinas -Gran Canaria y Tenerife- que distribuyen el tráfico marítimo y aéreo, encontrándose ambos polos fuertemente enlazados. Así, se observa que el transporte de pasajeros en la línea Gran Canaria-Tenerife supera al 50% del total de pasajeros transportados entre las islas. Asimismo, este trayecto presenta un reparto modal caracterizado por las siguientes cuotas de mercado: un 55% para el transporte aéreo, un 37% para el jet foil y un 7% en el ferry; siendo ésta la única línea en Canarias donde el transporte marítimo de pasajeros ejerce una competencia efectiva al transporte aéreo, debido al uso de embarcaciones rápidas tipo jet foil que acortan el tiempo total de viaje y lo asemeja al del avión.

La importancia del volumen de pasajeros transportados entre estas dos islas, así como la creciente necesidad de abordar el estudio de la naturaleza y características de la demanda en este mercado, debido al mayor grado de competencia existente en los servicios de transporte, han sido las principales razones para que esta investigación se centre en el análisis de la demanda de pasajeros entre Gran Canaria y Tenerife. Con este propósito se estudia la demanda a la que se enfrentan los tres medios de transporte disponibles en esta línea: avión, jet foil y ferry.

El objetivo de esta memoria es, por tanto, el de profundizar en el conocimiento del comportamiento y características de los viajeros en este mercado. Este análisis se efectúa desde distintas perspectivas. Inicialmente se estudia la evolución de la demanda en el tiempo con el fin de contrastar la existencia de periodos con distinta intensidad de demanda, así como detectar determinados fenómenos que han supuesto importantes cambios estructurales en el comportamiento de la misma.

A continuación se realiza un análisis descriptivo de las características de los pasajeros, con objeto de definir cuál es el perfil del viajero prototipo en esta ruta. Con esta información se estudia la composición de la demanda entre los distintos modos de transporte y se aborda el análisis de las preferencias que revelan los individuos cuando eligen un determinado medio de transporte.

Con el propósito de modelizar las elecciones del modo de transporte que hacen los individuos, normalmente se utilizan los llamados "modelos de partición modal" basados en la teoría de la elección discreta.

Esta metodología de estudio permite conocer la importancia que conceden los viajeros a los distintos atributos de cada modo, a la vez que posibilita la obtención de una función de utilidad de carácter estocástico. Esta función de utilidad será el centro de nuestro modelo y permitirá formular modelos de elección discreta acordes con la Teoría del Consumidor.

El principal objetivo que se persigue con este análisis es la obtención del valor del tiempo para los pasajeros de esta línea. El valor del tiempo es un instrumento muy importante tanto para el diseño de las políticas de transporte como para la realización de análisis coste-beneficio. La derivación de dichos valores constituye una de las aportaciones más interesantes de este estudio, dado que no se conocen trabajos empíricos previos que calculen la valoración que los individuos otorgan a los ahorros de tiempo en este contexto interinsular.

Con el fin de abordar los objetivos perseguidos el presente trabajo se divide en seis capítulos en los que se desarrollan los puntos anteriormente mencionados.

Así el capítulo segundo aporta una panorámica del transporte interinsular efectuado entre las dos islas, estudiando los principales cambios producidos durante los últimos años y la situación actual en la que se desarrolla. Para caracterizar el comportamiento de la demanda se aplican dos metodologías de estudio diferentes. En primer lugar se realiza un análisis de la variabilidad y comportamiento de la demanda a lo largo del tiempo, a través de la aplicación de la metodología Box-Jenkins, estimando modelos ARIMA para cada una de las series univariantes de demanda de transporte en avión, jet foil y ferry. Este procedimiento permite contrastar empíricamente la existencia de un comportamiento estacional, así como realizar un análisis de intervención sobre cada una de las series, con el cual se detecta la existencia de importantes cambios en el comportamiento de la demanda.

La descripción de las características de los pasajeros constituye el contenido de la segunda parte de este capítulo, en la que se analiza tanto el reparto de los viajeros entre los distintos medios de transporte, como la composición de la demanda que caracteriza a cada uno de ellos. Este conocimiento permite identificar cuáles son los medios de transporte que se pueden considerar competitivos entre sí, en la medida en que se enfrentan a un mercado con necesidades y características similares. En este sentido se observa como los viajeros del avión y del jet foil

tienen un perfil muy similar, frente a los del ferry. De ahí que este último modo de transporte no ejerza una competencia efectiva al avión y jet foil. Este hecho se contrasta también al realizar el análisis de la estacionalidad de cada uno de los medios, mostrando que la principal fuente de variabilidad de la demanda del ferry obedece únicamente a la existencia de periodos vacacionales.

En el capítulo tercero se presenta el marco teórico en el que se fundamentan los modelos desagregados de demanda. El tema central de este análisis, que ha sido el fundamento de la mayoría de las aplicaciones empíricas, es el de la utilidad aleatoria (Domenich y McFadden, 1975). En este modelo se considera que el agente decisor se comporta de forma racional, maximizando una función de utilidad de tipo estocástico, que obliga a introducir un comportamiento probabilístico y que puede modelizarse a través de distintas especificaciones, como por ejemplo el logit multinomial.

La utilización de los modelos de elección discreta permite realizar una estimación cuando la variable dependiente sólo toma un número finito de valores, siendo esta variable una probabilidad no observada y las observaciones elecciones individuales. El caso más frecuente, cuando la variable dependiente es cualitativa, surge al modelizar la decisión tomada por un agente. En economía del transporte ha sido una tendencia habitual el centrarse en modelos de elección del modo de transporte.

En este capítulo se aborda también el análisis de las distintas aproximaciones utilizadas para especificar la función de utilidad, estudiando cuáles son las variables relevantes cuando se modeliza la elección del modo de transporte. En este aspecto se hace especial énfasis en la problemática generada en torno a la introducción de la renta en estos modelos, así como la forma en que ha de hacerse, lo que ha generado la aparición de distintos enfoques para acometer dicho problema. Estos enfoques se presentan en la parte final de este capítulo.

La estimación de la demanda probabilística basada en los modelos de elección discreta y en la teoría de la utilidad aleatoria, es el objetivo central del capítulo cuarto. Esta estimación se realiza tanto en función de las características de los individuos como de los atributos de los medios de transporte disponibles en este mercado.

La información muestral utilizada en este estudio procede de una encuesta realizada en noviembre de 1992 por el Ministerio de Obras Públicas y Transporte a los viajeros con origen y/o destino Tenerife y Gran Canaria, en la semana que transcurrió desde el lunes veintitrés hasta

el domingo veintinueve de dicho mes. El conocimiento de las elecciones del modo de transporte hechas por los pasajeros, así como de determinadas variables reevantes que influyeron en tal decisión, hicieron posible derivar las preferencias reveladas de los viajeros con las que se estiman los modelos de elección discreta.

La elección del modo de viaje se ve afectada, entre otras, por variables como el precio del billete, el tiempo empleado en el viaje, las ofertas promocionales, la seguridad, la puntualidad y la comodidad del medio. Asimismo también influyen en la elección las catracterísticas socioeconómicas del individuo y el motivo del viaje.

En este capítulo se proponen distintas especificaciones de la función de demanda -logit y probit binomiales, logit multinomial y logit jerárquico- y se realiza un análisis de comparación y evaluación con el propósito de ir seleccionando los mejores modelos estimados. Este proceso permite comprobar como los planteamientos que introducen correlación entre determinadas alternativas mejoran los resultados obtenidos, indicando que los individuos en el proceso de elección consideran al avión y al jet foil como alternativas más similares frente al ferry. De ahí que las dos primeras alternativas se deban agrupar en un único nido -dentro de una estructura jerárquica-.

Asimismo, el análisis estadístico muestra como existen diferencias significativas entre los coeficientes del tiempo de viaje estimados para cada alternativa, ello aconseja que se mantengan parámetros específicos para esta variable.

Por su parte, la consideración de variables de carácter socioeconómico lleva al planteamiento de comportamientos diferenciados según el motivo del viaje, la frecuencia con la que se viaja y el nivel de renta declarado. Este último aspecto se aborda desde distintas perspectivas que llevan a proponer como metodología válida para nuestro estudio la desarrollada por Jara-Díaz y Videla (1989). Con ella se hace posible el contrastar la existencia de un decrecimiento de la utilidad marginal de la renta y de un comportamiento diferenciado según los estratos de renta considerados.

A partir de los modelos seleccionados en este capítulo es posible extraer información relevante para caracterizar el comportamiento de los viajeros. Con esta finalidad se desarrolla el capítulo quinto de esta tesis.

Las aplicaciones que se realizan en el capítulo quinto consisten tanto en derivar la valoración que

conceden los individuos a los ahorros de tiempo, como en obtener predicciones de demanda. Se comienza con el análisis teórico que estudia los fundamentos microeconómicos de la derivación del valor del tiempo, para presentar posteriormente los principales modelos desarrollados con este propósito, estudiando los supuestos de partida y la interpretación de los resultados a los que llegan.

La forma generalmente aceptada para evaluar el valor subjetivo del tiempo consiste en encontrar la tasa marginal de sustitución entre el tiempo y el coste de viaje, en general a partir de modelos desagregados de elección discreta basados en la teoría de la utilidad aleatoria. La interpretación que se da al valor así obtenido es la de la disponibilidad a pagar por disminuir el tiempo de viaje en una unidad. Este ha sido el enfoque seguido en este estudio para derivar los valores del tiempo de los pasajeros del trayecto Gran Canaria-Tenerife, obteniéndose valores distintos para cada uno de los modos disponibles y las distintas submuestras consideradas, tal y como sugiere la teoría.

Los resultados que se obtienen en este capítulo corroboran la hipótesis de una valoración del tiempo cambiante según las características socioeconómicas de los individuos y las condiciones del viaje. Así se comprueba que la valoración del tiempo aumenta con el nivel de renta y que los pasajeros que viajan por motivos de negocio son los que exhiben el valor del tiempo más alto, en relación a los pasajeros que viajan por motivos de estudio o vacacionales.

Asimismo en este capítulo se estudian distintos marcos predictivos, a través del método de enumeración muestral, que permiten evaluar la importancia de los efectos de distintas políticas y la sensibilidad de los usuarios de cada modo de transporte. Este ejercicio predictivo muestra que las cuotas de mercado del avión y del jet foil cambian muy poco cuando se producen variaciones en las condiciones del viaje en ferry, y como, sin embargo, se dan importantes cambios entre ellas cuando varían las características del viaje en avión o en jet foil.

Finalmente, en el capítulo sexto, se realiza una síntesis de los resultados más relevantes que se desprenden de esta investigación.

CAPÍTULO 2: EL TRANSPORTE INTERINSULAR DE PASAJEROS EN LA LÍNEA TENERIFE-GRAN CANARIA.

2.0 INTRODUCCIÓN.

En este capítulo se profundiza en el conocimiento de las características del transporte interinsular de pasajeros en la línea Tenerife-Gran Canaria. Con este propósito se hará primeramente una breve descripción del marco geográfico así como de las características de la oferta de transporte que definen la provisión de servicios en este contexto, para posteriormente centrarnos en el análisis de la demanda, que es el objetivo central de esta investigación.

La caracterización del comportamiento de la demanda de transporte interinsular de pasajeros en este trayecto se realiza a través de la aplicación de dos metodologías de estudio diferentes. En primer lugar se realiza un análisis de la variabilidad y comportamiento de la demanda a lo largo del tiempo a través de la metodología Box-Jenkins de series univariantes, que permite estimar un modelo ARIMA para la serie agregada de demanda de los tres modos de transporte existentes en esta línea: avión, jet-foil y ferry, así como para cada una de las series univariantes de los mismos. Este procedimiento hace posible constatar la existencia de periodos con distinta intensidad de demanda así como un comportamiento estacional de la misma.

En segundo lugar se lleva a cabo un análisis descriptivo de la demanda, el propósito es conocer cuáles son las principales características que definen a los pasajeros en el trayecto Tenerife-Gran Canaria y cómo se reparten éstos entre cada uno de los medios de transporte disponibles. Este estudio permite conocer la composición de la demanda y los atributos de los modos que el individuo considera relevantes a la hora de elegir el modo en el que viajar.

Este capítulo se divide en los siguientes apartados: En el apartado 1 se presentan las características fundamentales del marco de estudio referidas principalmente a las condiciones geográficas y a la oferta de servicios de transporte; en el apartado 2 se realiza un estudio de la demanda en la línea Tenerife-Gran Canaria; en primer lugar se analiza el comportamiento de la demanda agregada, estimando un modelo univariante y cuantificando la importancia de las distintas fuentes de variabilidad de la demanda modelizadas; posteriormente se estudia la demanda de cada uno de los medios de transporte disponibles. El apartado 3 se ocupa del análisis de las características de la demanda, estudiando la composición de la misma -tipo de viajero y características socioeconómicas, atributos de los modos de transporte relevantes para el viajero, etc-. Finalmente las conclusiones generales cierran este capítulo.

2.1.- MARCO GEOGRÁFICO Y CONFIGURACIÓN DEL TRANSPORTE.

El archipiélago canario, situado a más de 1000 kms de las costas peninsulares, está compuesto por siete islas que se extienden en un espacio de 500 kms. de este a oeste y 200 kms. de norte a sur. Las dos islas mayores, Gran Canaria y Tenerife, concentran la mayor parte de la población - en torno a un 85%- y a su vez dentro de cada una de estas islas son las conurbaciones de Las Palmas y Santa Cruz de Tenerife -provincias de la Comunidad Autónoma de Canarias- las que absorben más de la mitad de la población de cada una de las islas.

El fraccionamiento del territorio canario en islas hace que en el transporte interinsular, caracterizado por trayectos de corta distancia (menos de 300 kms), sean el transporte aéreo y el marítimo los que ejercen un papel primordial en el abastecimiento de las islas y en la movilidad de sus habitantes. Este hecho explica la importancia que tienen estos modos de transporte en Canarias, a la vez que pone de manifiesto la relevancia de los puertos y aeropuertos insulares, donde destacan los de Tenerife y Gran Canaria al concentrar la mayor parte del tráfico exterior e interinsular.

En el caso de los puertos sobresalen el puerto de Santa Cruz de Tenerife situado al norte de la isla, en la capital, y en Gran Canaria el puerto de la Luz. Además la isla de Tenerife posee dos aeropuertos: uno situado en el norte de la isla -aeropuerto de los Rodeos- a 13 kms de la capital, que se ha especializado en el tráfico interior regular de forma casi exclusiva y principalmente en el tráfico interinsular, y el otro aeropuerto en la zona sur -aeropuerto "Reina Sofía"- situado a 64 kms de la capital, habiéndose especializado en el tráfico internacional regular y no regular e interior regular. Por su parte la isla de Gran Canaria posee un aeropuerto -aeropuerto de Gando- que se encuentra a 22 kms de la capital insular y que se sitúa, al igual que el aeropuerto Reina Sofía, en los primeros lugares de la clasificación nacional de aeropuertos, debido al volumen de tráfico existente.

La red interinsular de transportes se organiza en torno a las islas centrales -Tenerife y Gran Canaria- que distribuyen el tráfico marítimo y aéreo, de ahí que no se pueda considerar las líneas interinsulares canarias como absolutamente radiales, ya que existen al menos dos polos que reparten el tráfico tanto dentro del archipiélago como el que se dirige al exterior, encontrándose dichos polos fuertemente enlazados, en comparación con el resto de las líneas interinsulares, lo que configura la línea Tenerife-Gran Canaria como la más importante en la red interinsular.

2.1.1.- La Oferta de Servicios de Transporte Interinsular. La Línea Tenerife-Gran Canaria.

La oferta de servicios de transporte en la línea Tenerife-Gran Canaria se ha realizado en régimen de monopolio hasta 1993, por dos empresas públicas (Grupo Iberia y Trasmediterránea). Las empresas que han operado son Binter en el transporte aéreo y Trasmediterránea en el transporte marítimo, afrontando incluso hoy la mayor parte del mercado. Estas empresas pertenecen en su mayoría al Estado, la primera a través del INI (Instituto Nacional de Industria) y la segunda a través de la Dirección General del Patrimonio del Estado. Además los servicios prestados por la compañía Trasmediterránea se encuentran regulados a través de un Contrato con el Estado formalizado el cuatro de septiembre de 1978 por un periodo de veinte años a partir del uno de enero del citado año. En dicho contrato se determinan las condiciones bajo las que han de prestarse los servicios a la vez que se concretan las aportaciones del Estado a la empresa.

El transporte marítimo de pasajeros en Canarias en las líneas convencionales de la compañía Trasmediterránea se efectúa a través de tres modos: el jet foil, el ferry y el hidrofoil, de los cuales sólo el jet foil y el ferry operan en la línea Tenerife-Gran Canaria. Las embarcaciones jet-foil tienen una capacidad de 286 pasajeros mientras que los buques ferry que operaban en 1992 ofrecían 1000 plazas frente a las 370 plazas que se ofrecen en los ferrys que operan actualmente.

El transporte marítimo de pasajeros se había caracterizado por presentar una oferta muy escasa desde sus inicios hasta mediados de los años 70, donde la demanda permanecía prácticamente estancada, siendo reanimada a partir del año 1974 con la introducción de dos Ferrys en una línea donde no es posible ninguna escala, esto es, el puente marítimo Gran Canaria-Tenerife; y en agosto de 1.980 con un jet foil en esta misma línea, lo que ocasionó un importante incremento de la competencia. En 1982 se introduce un nuevo jet foil, de forma que la flota de jet foil de Trasmediterránea en la línea Tenerife-Gran Canaria ha estado constituida por dos embarcaciones hasta la actualidad.

La oferta de servicios de transporte marítimo, constituida hasta hace poco por la oferta de la compañía Trasmediterránea, se ha diversificado con la aparición reciente de nuevos competidores.

Se trata de la introducción de la compañía privada Fred Olsen, la cual inició su servicio el

veintitrés de diciembre de 1994 con la incorporación del ferry "bañadero" (de 1.200 plazas) aunque es el treinta de diciembre cuando la línea está totalmente operativa con la puesta en servicio del ferry "bajamar" (de 1.000 plazas). Esta compañía realiza cuatro viajes diarios en cada sentido, de una duración de poco más de dos horas, uniendo las ciudades de Santa Cruz de Tenerife y Agaete, con una tarifa de 3.600 ptas, experimentando los mayores índices de ocupación los fines de semana.

Asimismo, recientemente ha aparecido un nuevo competidor en la oferta de servicios de transporte marítimo de pasajeros. Se trata de la armadora y consignataria Antonio Armas que ha incorporado un nuevo ferry "Volcan de Tauce" en la ruta Tenerife-Gran Canaria compitiendo con las compañías Fred Olsen y Trasmediterránea.

Estos cambios producidos en la oferta de servicios marítimos han introducido un mayor grado de competencia en el mercado interinsular, por lo que cabe esperar que se produzcan mejoras para el usuario al enfrentarse a una mayor variedad de oferentes y existir una mayor competencia de precios.

En cuanto a la oferta de transporte aéreo en Canarias hay que destacar el importante cambio que se produce en Marzo de 1989 con la introducción de una compañía de tercer nivel o regional, denominada Binter Canarias¹. Esta compañía pertenece en un 99% de su capital a Iberia y fue creada por la misma con el propósito de adecuarse mejor al tráfico interinsular y mejorar el abultado déficit que se daba en dichos vuelos interinsulares - véase cuadro 2.1-.

¹ Una compañía de tercer nivel se caracteriza por tener como objetivo el satisfacer las peculiaridades específicas de la región en donde opera, adaptándose a las necesidades y comportamiento de la demanda. En el caso canario, la necesidad de una compañía regional venía justificada por la fragmentación de su territorio en islas, con trayectos entre las mismas relativamente cortos y muy distantes de Madrid -aeropuerto central para Iberia-. Estas características exigían disponer de una flota de aviones de mediana capacidad cuyo mantenimiento y gestión se realizara en Canarias, de tal manera que permitiera ofrecer un elevado número de frecuencias diarias con el suficiente grado de flexibilidad y adaptación para atender la demanda tanto en los periodos punta como en los valle.

Cuadro 2.1. Resultados de operación en la red aérea intercanarias *

AÑOS	COSTES TOTALES	GRADO DE COBERTURA	ÍNDICE DE OCUPACIÓN	RESULTADOS
1980	4.117	0,46	70,28	-2.230,8
1983	5.960	0,46	70,12	-3.219,3
1985	6.938	0,52	74,74	-3.343,5
1987	8.102	0,60	84,65	-3.232,7
1989	9.451	0,60	75,65	-3.782,0
1992	10.388	0,82	73,60	-1.921,0
1993	11.750	0,86	72,50	-1.624,0

* Cifras en millones de ptas. El grado de cobertura (cociente entre los ingresos y costes totales de explotación) y el índice de ocupación (cociente entre la demanda y la oferta de pasaje), ambos en tantos por cien.

En 1989, Binter sólo operó en la ruta Tenerife-Gran Canaria, y a partir de 1990, y de forma gradual, empezó a introducirse en el resto de las rutas interinsulares llegando a ser en enero de 1993 la única compañía aérea que opera entre todas las islas canarias. Como se observa en el cuadro 2.1, en 1993 Binter ha logrado incrementar la cobertura de costes en la red intercanarias, cubriendo los ingresos el 86% de los gastos, siendo el índice de ocupación del 72,5% y las pérdidas de 1.624 millones de pesetas.

La flota de la compañía Binter Canarias está formada por cuatro aviones tipo CASA CN-235 con capacidad de 40 plazas y por seis ATR-72 con capacidad para 68 pasajeros, así como por cuatro DC9 que se incorporaron en marzo de 1995. Sin embargo, en el pasado se ha recurrido a alquilar unidades del grupo Iberia, lo que pone de manifiesto la dependencia de esta compañía respecto a su matriz (Iberia), a lo que hay que añadir la dependencia en lo referente al sistema de ventas, reservas y a los servicios de "handling".

Recientemente se han producido una serie de cambios, como consecuencia de la liberalización comunitaria, que han provocado la aparición de nuevos competidores en este mercado. Así, al igual que con la oferta de transporte marítimo de pasajeros, se ha dado una mayor diversificación de la oferta aérea con la aparición en esta ruta de nuevas compañías de transporte aéreo.

La primera compañía aérea que compite con Binter, con una oferta de vuelos regulares en la línea Tenerife-Gran Canaria, procede de la industria charter y es la compañía Air Europa, la cual

comienza a operar en noviembre de 1993 ofreciendo un precio de 2.900 ptas, que se ha mantenido hasta la actualidad. Su trayecto procede de Madrid y se dirige a Gran Canaria y Tenerife, donde la oferta correspondiente a la línea Tenerife-Gran Canaria fue de aproximadamente 45.780 plazas en 1994 con una demanda total de 12.658 pasajeros ese mismo año; esta cifra representa un 2,8% del total de pasajeros transportados en esta línea y un 5,1% de los pasajeros transportados en avión.

Posteriormente, el siete de marzo de 1994 comienza a operar la compañía charter Spanair en el sector regular de vuelos interinsulares, introduciéndose en el trayecto Tenerife-Gran Canaria como prolongación de su viaje con origen y destino en Madrid. El precio que ofrece esta compañía por el viaje entre ambas islas es de 3.550 pesetas en la tarifa de turista, habiendo transportado en 1994 un 1,7% del total de pasajeros y un 3,2% de los pasajeros en transporte aéreo.

Se observa, por tanto, como el año 1994 es el primer año completo que Iberia ha tenido que enfrentarse a competidores aéreos en la ruta Tenerife-Gran Canaria, aunque las cifras muestran que sus cuotas de mercado resultan ser muy inferiores a las que sirve la compañía Binter Canarias.

En este trayecto es el jet-foil el que aparece como un competidor serio frente al transporte aéreo (en su mayoría realizado por Binter) en la medida en que el tiempo total invertido por los pasajeros en el jet foil es similar al incurrido por los viajeros aéreos. Esto es, el tiempo de viaje medio en avión es aproximadamente de 33 minutos mientras que el tiempo de viaje en el jet foil es de 80 minutos. No obstante, al viaje en avión hay que añadirle otros treinta minutos en concepto de facturación, así como diez minutos más por la espera del equipaje. Además el jet foil disfruta de la ventaja de tener su origen y destino situado en el centro de ambas capitales insulares -la estación marítima en ambos puertos se encuentra en el muelle a escasos metros del atraque del buque, lo que facilita enormemente el acceso-, mientras que los aeropuertos están situados a unos 20 kms de dichos centros urbanos; esto supone un mayor tiempo total del viaje en avión si tenemos en cuenta, tal y como veremos posteriormente, que la mayoría de los pasajeros que realizan este viaje se dirige a la capital. Otra ventaja importante del jet foil frente al avión es que la facturación y recogida del equipaje es más ágil, a la vez que permite el transporte de un mayor número de viajeros en las horas punta como consecuencia de la mayor capacidad por embarcación.

No obstante, la oferta del jet foil es más rígida ya que ha estado constituida únicamente por dos

embarcaciones, con lo cual la frecuencia ofrecida ha sido muy limitada, a lo que hay que unir el mayor tiempo de viaje empleado por esta embarcación en relación al avión. Además la imposibilidad de reemplazar los buques averiados, o los que se retiran en el periodo de revisión, provoca reducciones importantes en la oferta que tienen consecuencias inmediatas en la demanda, tal y como se mostrará en el análisis univariante de esta serie que se presenta en el Anexo 2.1.

Por su parte la oferta del ferry sirve a un mercado con comportamiento y necesidades diferentes². El viaje en ferry presenta es de mayor duración -entre tres horas y media y cuatro horas- con una menor frecuencia, que se sitúa actualmente en siete salidas semanales, y un precio inferior al de los dos modos alternativos, cuya evolución ha sido de 2.500 ptas en 1992, 2.700 ptas en 1993 y 2.876 ptas en 1994, constituyéndose en un medio de transporte atractivo para los segmentos de la población con bajos niveles de renta.

Asimismo, resulta interesante advertir como la tarifa del jet foil siempre ha sido superior a la que se ha aplicado para el transporte aéreo. Observándose, tal y como se desprende del cuadro 2.2, que la tarifa aérea ha evolucionado de 1.535 ptas en 1982 a 4.300 ptas en 1994 experimentando un incremento superior al que se da en la tarifa del jet foil (que pasó de 2.823 ptas en 1982 a 5.530 ptas en 1994), provocando que ambas tarifas se hayan ido acercando mostrando actualmente una diferencia, en términos reales, considerablemente menor a la que se daba en un principio³.

A partir del uno de enero de 1993, la compañía Binter ha elevado considerablemente las tarifas. No obstante, hay que mencionar que aunque ambos modos tienen sus tarifas liberalizadas, existen algunas limitaciones. En el caso del jet foil debido a que el contrato de Trasmediterránea con el Estado establece que las tarifas deben ser autorizadas por el Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente y en el caso del transporte aéreo en la medida en que la DGAC (Dirección General de Aviación Civil) puede controlar las tarifas cuando éstas difieran mucho de los costes a largo plazo de proveer el servicio.

² Nos centraremos en el ferry de Trasmediterránea que es el que ha operado durante más tiempo y el que existía cuando se realizó la encuesta que analizaremos. Además el ferry de la compañía Fred Olsen se introduce a inicios de 1995 por lo que ni siquiera se tiene información de un año completo.

³ Los precios deflactados con el IPC con base en el año 1992 eran en 1982 de 2.837 ptas para el avión y 5.218 ptas para el jet foil. En el año 1994 estos precios deflactados eran de 3.788 ptas y 4.872 ptas para el avión y el jet foil respectivamente.

Por otro lado, hay que señalar que aún cuando estas empresas públicas han estado protegidas por barreras de entrada, no ha existido ningún tipo de coordinación de sus políticas, dando lugar a ineficiencias tales como que el precio del viaje, en la línea Tenerife-Gran Canaria, en jet foil ha sido muy superior al precio del billete de avión -véase cuadro 2.2-, siendo los costes unitarios de explotación del primer modo inferiores a los del segundo (de Rus, 1989).

Cuadro 2.2. Evolución del precio del avión y el jet foil en pesetas corrientes.

AÑO	PRECIO JET FOIL	PRECIO AVION
1982	2.823	1.535
1983	3.101	1.890
1984	3.540	2.117
1985	3.815	2.340
1986	4.014	2.538
1987	4.113	2.701
1988	4.171	2.827
1989	4.210	2.950
1990	4.362	3.083
1991	4.390	3.250
1992	4.950	3.770
1993	5.200	4.150
1994	5.530	4.300

Según las estimaciones realizadas por el Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, que se presentan en el Plan Regional de Transporte Marítimo y Aéreo, para el periodo abril de 1993-marzo de 1994, se observa el hecho anteriormente señalado y que confirma que se sigue manteniendo el comportamiento observado por de Rus (1989) referido a que el coste por plaza en el jet foil es inferior al que se produce en el avión, tal y como se observa en el cuadro 2.3

El cuadro 2.3 muestra como la diferencia esencial está en la demanda a la que se enfrenta cada uno de estos modos de transporte y que hacen, tal y como se mostrará posteriormente, que en el avión se produzcan unos índices de ocupación más elevados -en torno a un 73%- mientras que en el jet foil la demanda es bastante inferior a su oferta, dándose un índice de ocupación de

aproximadamente un 45%. Este hecho es el que está afectando al coste por viajero y es el que produce que esta magnitud sea superior en el jet foil aún cuando el coste por plaza es inferior en este medio. No obstante, se observa también como el ingreso por viajero es superior al del avión, hecho que deriva del mayor precio que supone el viaje en jet foil, tal y como se exponía anteriormente.

Cuadro 2.3 Características de la explotación del jet foil y avión en la línea Tenerife Gran Canaria en el periodo abril 1993-marzo 1994.

	JET-FOIL	AVIÓN
PASAJEROS	320.000	524.517
PLAZAS OFRECIDAS	713.856	721.511
COSTE POR PLAZA	2.698	2.992
COSTE POR VIAJERO	6.011	4.116
INGRESO POR VIAJERO	4.469	4.150

Asimismo, según la información recogida en el Plan Regional de Transporte Marítimo y Aéreo se produce una diferencia significativa en el excedente que se obtiene para cada uno de los modos de transporte en la línea Gran Canaria-Tenerife siendo de 18 millones para el transporte aéreo y un déficit de 494 millones para el jet-foil. Esto con independencia de otras actividades y cargas que puedan pesar sobre las respectivas compañías y que condicionan los beneficios finales obtenidos en la explotación. Este resultado pone de manifiesto la necesidad de implementar políticas de demanda, en el transporte en jet foil, que hagan crecer su demanda y en esa medida producir reducciones en el coste por viajero.

2.2.- LA DEMANDA DE TRANSPORTE DE PASAJEROS. LA LÍNEA TENERIFE-GRAN CANARIA.

El tráfico aéreo interinsular de pasajeros en 1993 fue de unos dos millones de pasajeros - exactamente 1.937.292- en las 10 líneas regionales que unen las islas Canarias entre sí⁴. Destaca el hecho que aproximadamente un 30% de dicho tráfico se realizó entre las islas de Tenerife y Gran Canaria.

⁴ La isla de la Gomera queda excluida por carecer actualmente de aeropuerto.

La actuación de Binter en la ruta Gran Canaria-Tenerife-Gran Canaria supuso que en 1992 se diera un movimiento de 525.311 pasajeros con una oferta de 712.627 plazas lo que llevó a que el índice de ocupación fuera de un 73,7%; en 1993 se transportaron 488.891 pasajeros con una oferta de 659.418 plazas, dándose un índice de ocupación de 74,1%, el cual se situó en 1994 en un 70,9%. Estas cifras ponen de manifiesto que se trata de una línea con un índice de ocupación muy elevado, que se sitúa en niveles superiores al 70% en la mayoría de los meses de los años 1992, 1993 y 1994, tal y como se desprende del cuadro 2.4.

Cuadro 2.4: Evolución de los índices de ocupación mensuales en el avión durante los años 1992, 1993 y 1994*.

MESES	1992	1993	1994
ENERO	67,90%	70,03%	71,59%
FEBRERO	65,21%	72,90%	71,48%
MARZO	75,20%	78,11%	76,2%
ABRIL	81,25%	74,81%	78,14%
MAYO	77,31%	74,75%	75,85%
JUNIO	74,95%	75,21%	73,32%
JULIO	69,21	71,50%	65,78%
AGOSTO	67,31%	69,85%	62,58%
SEPTIEMBRE	73,99%	72,79%	70,88%
OCTUBRE	75,75%	75,66%	71,03%
NOVIEMBRE	77,30%	77,15%	67,27%
DICIEMBRE	78,33%	77,87%	67,23%

* Los índices de ocupación se refieren a un único sentido, Tenerife-Gran Canaria, en los viajes que efectúa la compañía Binter Canarias.

Fuente: Iberia en Tenerife.

Sin embargo, en el cuadro se observa igualmente como a partir del mes de junio de 1994 los índices mensuales de ocupación descienden respecto a los que se daban en años anteriores. Este fenómeno se debe al mayor grado de competencia que se ha introducido en esta ruta -con Air Europa y Spanair- aunque hay que tener en cuenta que la oferta de las empresas competidoras es mucho menor que la de la compañía Binter Canarias y de ahí que todavía no se pueda hablar de

una competencia fuerte⁵.

No obstante, el elevado índice de ocupación que aún caracteriza al transporte aéreo (efectuado por la compañía Binter Canarias) en esta línea, repercute negativamente en los usuarios al no poder disponer de suficientes plazas en los vuelos ni en los días deseados, a la vez que puede indicar la existencia de una escasez de oferta en las horas punta generando demanda insatisfecha en este mercado.

Por su parte la demanda de transporte marítimo de pasajeros en este trayecto se realiza mayormente por las embarcaciones jet foil de la compañía Trasmediterránea. Produciéndose unos índices de ocupación inferiores a los que se dan en el avión, los cuales han sido de un 45,76% en 1992, de un 44,73% en 1993 y de un 42,9% en 1994. Estos menores índices de ocupación son reflejo de los menores niveles de demanda con los que se enfrenta este medio, tal y como se desprende del cuadro 2.5 donde se presentan las cifras mensuales relativas al año 1994. Esta menor demanda se da a pesar que la oferta de plazas mensuales del jet foil siempre supera a la del avión; este hecho, junto con el uso de embarcaciones (jet foil) de mayor capacidad que el avión, puede indicar la existencia de un exceso de capacidad de este medio en las horas valle.

Los mayores niveles de demanda con los que se enfrenta la compañía Binter Canarias se deben a que su oferta total de plazas, aunque es menor en términos mensuales que la del jet foil, está más dispersa en el tiempo con una frecuencia media diaria de quince salidas frente a las cuatro salidas diarias del jet foil, lo que supone un importante atractivo para la demanda de transporte y explica los mayores niveles de demanda aérea.

El transporte marítimo de pasajeros en ferry tiene mucha menor importancia, siendo el número de pasajeros transportados en 1994 de únicamente 33.710. Este tráfico se caracteriza por presentar índices de ocupación muy bajos, que derivan de la escasa demanda con que se enfrenta este medio junto con el elevado número de plazas que ofrece.

⁵ La compañía Air Europa ofrece una salida diaria, excepto sábados y domingo, desde el aeropuerto de los Rodeos y una salida los lunes, miércoles, viernes y sábados desde el aeropuerto Reina Sofía. La compañía Spanair ofrece una salida diaria excepto los domingos. Frente a las 15 salidas diarias que ofrece la compañía Binter Canarias.

Cuadro 2.5: Relación comparativa del número de pasajeros y plazas ofrecidas en el avión y el jet foil e índices de ocupación en el jet foil para el año 1994* .

MESES	PASAJE AVIÓN	PLAZAS AVIÓN	PASAJE JET FOIL	PLAZAS JET FOIL	LOCUP. JET FOIL
ENERO	18.143	25.343	9.443	26.980	35,00%
FEBRERO	17.772	24.863	11.411	30.608	37,28%
MARZO	20.852	27.365	12.717	27.419	46,38%
ABRIL	19.682	25.188	16.451	33.180	49,58%
MAYO	19.590	25.872	18.008	34.831	51,7%
JUNIO	18.413	25.113	15.566	33.267	46,79%
JULIO	20.941	31.835	15.267	34.040	44,85%
AGOSTO	19.646	31.393	13.424	33.754	39,77%
SEPTIEM.	21.843	30.817	14.384	32.892	43,73%
OCTUBRE	20.347	28.646	14.041	34.038	41,25%
NOVIEM.	19.099	28.391	12.487	27.175	45,95%
DICIEM.	19.714	29.323	14.408	44.620	32,29%

*Datos referidos al sentido Tenerife-Gran Canaria, únicamente para las compañías Binter y Trasmediterránea.

Fuente: Iberia y Trasmediterránea en Tenerife.

La menor importancia del transporte efectuado en el ferry se pone de manifiesto en el análisis del reparto modal que se presenta en el cuadro 2.6, donde se muestra la evolución en el tiempo de las cuotas de mercado del avión, el jet foil y el ferry.

La introducción del segundo jet foil en la flota de Trasmediterránea en 1982 supuso un aumento de la cuota de mercado de este medio frente a la del transporte aéreo, comportamiento que se mantiene hasta 1988 (tal y como se puede observar en el cuadro A.2.4 del Anexo 2.3). Esta tendencia cambia bruscamente en 1989 como consecuencia de la aparición de la compañía Binter Canarias y el consiguiente incremento que se produce en la frecuencia de vuelos y plazas ofrecidas, dando lugar a un aumento en la cuota de mercado del transporte aéreo en esta línea, pasando a ser superior al 50%, incremento que también se debió a que la mayor parte del tráfico se desvió al aeropuerto de los Rodeos, más cercano a la capital. Esta tendencia de crecimiento en la cuota de mercado del transporte aéreo continúa hasta 1992, produciéndose en 1993 una reducción de la misma a la vez que incrementa la del jet foil probablemente como consecuencia

de la subida de precios que aplica en 1993 la compañía Binter Canarias en esta ruta, junto con una reducción en su oferta, ocasionando que se desvíen pasajeros del transporte aéreo al jet foil en la medida en que la cuota del ferry sigue siendo prácticamente igual a la que se daba en el año 1992.

Cuadro 2.6 Cuotas de mercado, ruta Tenerife/Gran Canaria, entre el jet-foil, el avión y el ferry*

AÑOS	PASAJEROS TRANSPORTADOS			AVIÓN (%)	JET FOIL (%)	FERRY (%)
	AVIÓN	JET FOIL	FERRY			
1987	139.450	201.426	64.405	34,41	49,70	15,89
1988	153.666	202.992	71.625	35,88	47,40	16,72
1989	219.510	150.055	58.339	51,30	35,07	13,63
1990	253.120	153.415	53.355	55,04	33,36	11,60
1991	267.414	152.330	46.867	57,31	32,65	10,04
1992	268.710	149.889	40.371	58,55	32,66	8,80
1993	244.338	173.776	36.374	53,76	38,24	8,00
1994	248.742 ¹	167.607	33.710	55,26	37,24	7,49

* Datos en una sola dirección.

Fuente: Iberia y Transmediterránea en Tenerife.

¹ De esta cifra 228.042 pasajeros corresponden a Binter, aproximadamente 12.700 a Air Europa y 8000 a Spanair. Para el cálculo de pasajeros transportados en Spanair se aproximó una media de 800 pasajeros mensuales en la medida en que no se conoce las cifras con anterioridad a noviembre de 1994, y dado que en ese mes y en diciembre la demanda fue de 830 y 825 pasajeros respectivamente; es probable que la cifra promedio en Spanair sea inferior.

En el último año se observa un descenso de la cuota del jet foil frente al aumento que se produce en el avión. Sin embargo, este resultado habría que matizarlo en la medida en que el transporte aéreo se refiere a las tres compañías que operan en esta línea durante ese año con lo cual el transporte realizado por Binter supone un 50,6% del total de la demanda; porcentaje bastante inferior al que se daba en los últimos años, aunque muestra como todavía la mitad del mercado es servido por la compañía Binter Canarias.

En la evolución de la cuota de mercado del ferry se observan algunas etapas bien diferenciadas.

Así en un principio, año 1975, (tal y como se observa en el cuadro A.2.4 del Anexo 2.3) la demanda del ferry se caracterizó por configurar un auténtico "puente marítimo" entre las dos islas operando con dos ferrys de la serie delfin. Esta demanda se mantuvo estable, e incluso creció en algunos periodos, hasta la entrada del jet foil en 1980, momento a partir del cual empieza a reducirse en favor del transporte en jet foil.

Esta tendencia decreciente de la cuota de mercado del ferry, que sitúa a este medio en una posición de escasa importancia en cuanto a los pasajeros transportados, se ha mantenido en el tiempo. Los datos relativos al ferry se refieren a la compañía Trasmediterránea; no obstante, habría que tener en cuenta que con la introducción de la compañía Fred Olsen en el mismo segmento de mercado seguramente se van a producir cambios en las políticas operativas del ferry de Trasmediterránea. Este hecho ya ha sido anticipado por la compañía y ha llevado a que el ferry de Trasmediterránea haya experimentado desde febrero de 1995 una sensible reducción de sus tarifas llegando a alcanzar un descuento para los pasajeros de casi un 50%. Esto supone que la tarifa se sitúe en 1.500 ptas para los no residentes, cuando en 1994 era de 2.876 ptas. Lógicamente esta política tarifaria obedece al mayor grado de competencia y pretende evitar mayores pérdidas de la cuota del mercado servida por el ferry de Trasmediterránea.

2.2.1.- Análisis de la Demanda Total de Pasajeros. Estimación de un modelo ARIMA.

La demanda de transporte se caracteriza por la existencia de periodos de tiempo con diferente intensidad en cuanto al número de viajeros que demandan un servicio determinado. Así se aprecia una variabilidad estacional anual, otra de carácter semanal e incluso se observan importantes variaciones a lo largo de un mismo día (horas punta y horas valle). Además, la demanda se ve afectada por las vacaciones de Semana Santa y de verano. La mayoría de estas fuentes de variabilidad hace que la demanda tenga un marcado carácter estacional, a la vez que genera periodos donde su concentración es importante, provocando que en la línea Tenerife-Gran Canaria hayan aparecido considerables niveles de demanda insatisfecha en el transporte aéreo tal y como se constató en trabajos previos (González-Marrero y Pérez-Marante, 1993).

Para cuantificar el efecto que tienen sobre la demanda de pasajeros la variabilidad estacional mensual, las vacaciones de verano y de Semana Santa, se plantea el análisis de la demanda total - número de pasajeros transportados-, así como la de cada uno de los modos de transporte existentes, a través de la estimación de modelos ARIMA con análisis de intervención.

La información muestral con la que se trabaja se refiere al número de pasajeros transportados, que se obtiene a partir de la venta de billetes, y se utiliza como una aproximación de la demanda. Las series univariantes de demanda de cada uno de los medios de transporte corresponden a distintos periodos de tiempo; los datos de pasajeros en avión se refieren al periodo que transcurre desde enero de 1982 hasta diciembre de 1993, la serie de los pasajeros en jet foil va desde agosto de 1980 hasta diciembre de 1993 y finalmente los datos de los pasajeros en ferry recogen el periodo que transcurre entre enero de 1987 y diciembre de 1993. Por tanto se dispone de una serie univariante de 144 observaciones mensuales para el avión, 161 para el jet-foil, 84 para el ferry e igualmente 84 observaciones para la serie agregada de los tres modos, ya que su tamaño lo define la serie más pequeña.

La evolución de la demanda de transporte de pasajeros se ha caracterizado por presentar una tendencia creciente, tal y como se muestra en el gráfico 2.1 donde se presenta la serie en términos mensuales de la demanda total de pasajeros en esta ruta. En este gráfico también se detecta la existencia de determinados meses punta y valle, que configuran un comportamiento estacional, así como la presencia de un cierto grado de heterocedasticidad.

Para evaluar la relevancia de cada uno de estos fenómenos se realiza la estimación de un modelo ARIMA, que permite caracterizar la evolución de la demanda en el tiempo, así como cuantificar la importancia del comportamiento estacional y de determinados periodos vacacionales tales como el de Semana Santa.

La estimación del modelo ARIMA requiere un tratamiento previo de la serie. Así para evitar el problema de la no estacionariedad se transforma la serie en logarítmica y se aplica una diferencia de orden uno (la variable se denominó $\nabla I Q 1$). Por su parte el comportamiento estacional mensual se recoge incorporando unas variables dummies mensuales que captan la estacionalidad de carácter determinístico.

Así, en el modelo ARIMA se introducen una serie de variables determinísticas⁶, que intentan captar el efecto de la existencia de un ciclo anual. Se trata de once variables artificiales para los meses de enero a noviembre ($D_1, D_2, D_3, \dots, D_{11}$), que toman el valor uno en la observación que corresponde al mes referido y cero en el resto. Con la introducción de estas 11 dummies es posible estudiar la incidencia de los meses de verano en el comportamiento de la demanda, lo que permite constatar el incremento de la demanda por motivos de ocio que se genera en estos

⁶ Estas variables se han construido siguiendo los trabajos de Morales y otros (1990 y 1991).

meses. Además se puede comprobar la existencia de una estacionalidad mensual, que permite identificar los meses donde se produce la mayor concentración de pasajeros.

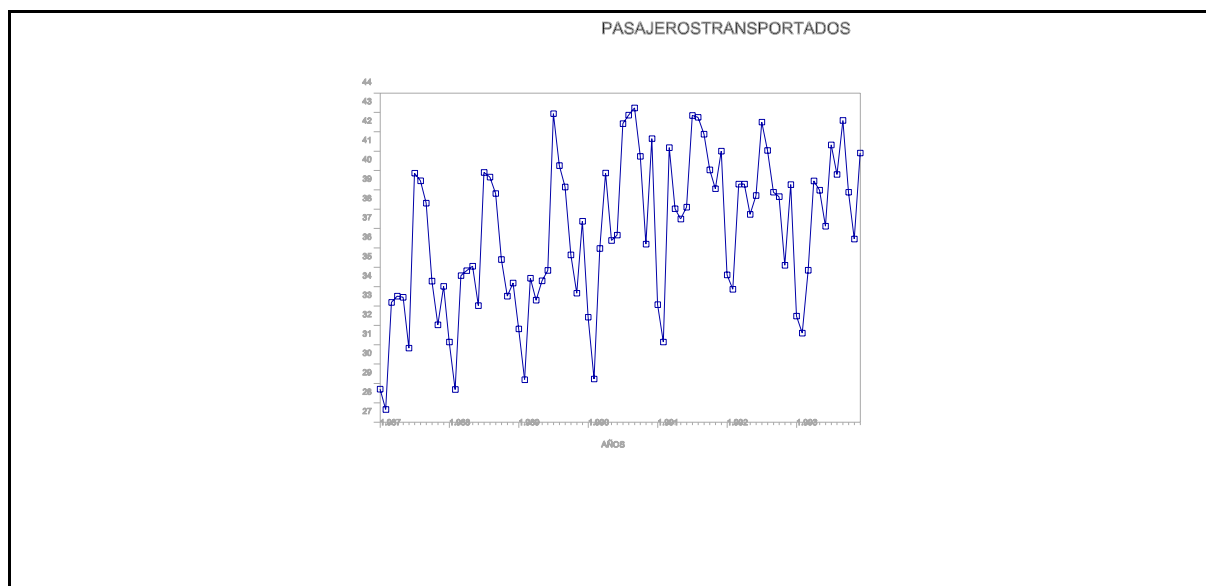


Gráfico 2.1: Evolución del número de pasajeros transportados mensualmente en la línea Tenerife-Gran Canaria.

Asimismo, es posible identificar el efecto que tiene sobre la demanda el periodo vacacional de la Semana Santa; éste se recoge incluyendo una variable que toma valores distintos de cero en los meses de marzo y abril, distribuidos proporcionalmente al número de días de la Semana Santa que caen en estos dos meses, de tal forma que la suma de esos valores sea uno, dentro del año natural (DSS). La duración de la Semana Santa que se ha tomado es la de nueve días, ya que para nuestro análisis es importante recoger tanto el fin de semana anterior como el posterior, que es donde se concentran los mayores movimientos de entrada y salida de pasajeros.

De esta forma el modelo que se ha estimado siguiendo la metodología Box-Jenkins, y que incorpora las variables anteriormente definidas, responde a la siguiente estructura:

$$\Delta I Q_1 = a + w_1 \Delta D_1 + w_2 \Delta D_2 + w_3 \Delta D_3 + w_4 \Delta D_4 + w_5 \Delta D_5 +$$

$$w_6 \Delta D_6 + w_7 \Delta D_7 + w_8 \Delta D_8 + w_9 \Delta D_9 + w_{10} \Delta D_{10} +$$

$$w_{11} \Delta D_{11} + w_{SS} \Delta D_{SS} + (1 - \theta_1 L) a_t$$

Donde:

$$a_t \sim iid(0, \sigma^2)$$

a = constante, w_i = parámetros del modelo, θ_i = parámetros de la parte media móvil de orden regular, IQ1 = logaritmo de la demanda de servicios de transporte, con una diferencia de orden 1.

La estimación máximo verosímil de esta especificación produce los resultados que se presentan en el cuadro 2.7 y que permiten extraer una serie de comentarios.

Cuadro 2.7: Estimación del modelo univariante de demanda aérea

PARÁMETRO	VARIABLE	VALOR	T
C		0,0019	1,66
W1	D1	-0,1596	-10,35
W2	D2	-0,2185	-13,69
W3	D3	-0,0606	-3,47
W4	D4	-0,0569	-2,93
W5	D5	-0,0422	-2,57
W6	D6	-0,0621	-3,78
W7	D7	0,0958	5,86
W8	D8	0,0732	4,51
W9	D9	0,0602	3,76
W10	D10	-0,0130	-0,83
W11	D11	-0,0839	-5,47
WSS	DSS	0,0555	3,28
TH1	LQ1	0,6922	8,67
N=84			
$\sigma_a^2=0,001118$			
Q(36)=36,9			

En primer lugar, se observa que la mayoría de las variables introducidas resultan ser significativas así como la estructura ARMA considerada. Además cuando se aplica el test LBQ, se pone de manifiesto que la especificación escogida recoge adecuadamente el comportamiento observado en la serie y de ahí que los residuos del modelo se comporten como ruido blanco⁷.

El ciclo anual muestra la existencia de una estacionalidad determinística significativa que permite configurar unos periodos claramente diferenciados. Así en los meses de verano -julio, agosto y septiembre- la demanda crece como consecuencia de la generación de pasajeros por motivos de ocio que se produce en todo periodo vacacional, para disminuir en el resto de los meses en relación al mes de diciembre que es el tomado como referencia. La caída más fuerte se produce en el mes de febrero, aproximadamente un 22%, debido a que es el mes con menos días.

El efecto de la Semana Santa, que se modeliza con la introducción de la variable DSS, muestra un importante aumento del número de pasajeros transportados, en torno a un 6%. Este incremento está motivado prioritariamente por los viajes de estudiantes y/o trabajadores que estudian y/o trabajan en una isla pero que tienen su residencia habitual en otra, así como por el aumento de viajeros de ocio característico de todo periodo vacacional.

El análisis del comportamiento de la demanda a nivel agregado permite caracterizar la evolución de la misma en el tiempo así como ponderar la importancia de periodos con distinta intensidad de demanda. Sin embargo, para captar la posible existencia de diferencias en la demanda a la que se enfrenta cada uno de los medios se hace necesario estudiar el comportamiento de éstas a nivel desagregado, planteamiento que se realiza en el siguiente apartado.

2.2.2.- La Demanda de Pasajeros a Nivel Desagregado: Avión, Jet Foil y Ferry.

En este epígrafe se presentan las series univariantes del número de pasajeros transportados por cada uno de los medios de transporte disponibles en la línea Tenerife-Gran Canaria. El objetivo es detectar los hechos particulares que han incidido en la evolución de cada una de las series y que, tal y como veremos, han producido importantes cambios estructurales en las mismas, cambios que a nivel agregado no se pueden apreciar.

⁷ La $\chi^2_{m-p-q-1} > LBQ(m)$. En este caso $m=36$. Donde p es el orden del autorregresivo y q el orden de la parte media móvil. Los correlogramas de los residuos del modelo aparecen en el Anexo 2.1.

Inicialmente se presenta, en el gráfico 2.2, la serie mensual de demanda de servicios aéreos en esta línea. En este gráfico se observan dos periodos claramente diferenciados en cuanto a los niveles de demanda, antes y después de Marzo de 1989. Se detecta un salto próximo a este mes, momento en el que se iniciaba el funcionamiento de la compañía Binter Canarias, que sitúa a la demanda en unos niveles sensiblemente superiores a los que se daban con anterioridad y supone un importante cambio en el volumen de pasajeros transportados. Asimismo la observación de dicho gráfico permite detectar la existencia de un fuerte componente estacional, tal y como ocurría con la serie agregada que se presentó anteriormente.

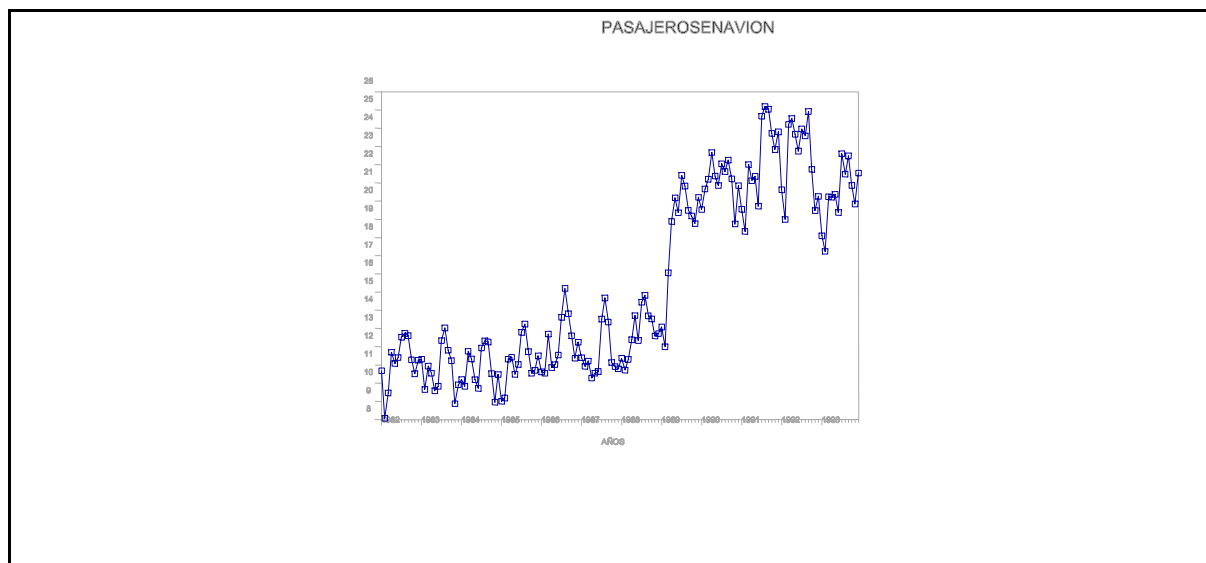


Gráfico 2.2: Evolución del número de pasajeros transportados mensualmente en avión.

Estos hechos son recogidos a través de la formulación de un modelo ARIMA que permite cuantificar la importancia de la estacionalidad⁸, así como la del periodo vacacional de la Semana Santa, e incluso recoge el cambio que ocasiona la aparición de la compañía aérea Binter Canarias. Este modelo se presenta en el Anexo 2.1, cuyos resultados se exponen en el cuadro

⁸ En este modelo también se introducen unas variables determinísticas que intentan captar la existencia de un ciclo semanal.

A.2.1, y permite corroborar las apreciaciones anteriormente señaladas, poniendo de manifiesto que la demanda de transporte aérea aumenta en los meses de verano y como es necesario introducir una variable artificial que recoja el cambio estructural en el comportamiento de la serie que ocasiona la introducción de la compañía aérea de tercer nivel. Además se cuantifica el incremento de la demanda durante la Semana Santa en un 6%.

A continuación, en el gráfico 2.3, se presenta la serie en términos mensuales del número de pasajeros transportados en jet-foil. En este caso se observa como se produce un cambio importante en el comportamiento de la misma así como una fuerte caída de la demanda en el mes de febrero de 1990.

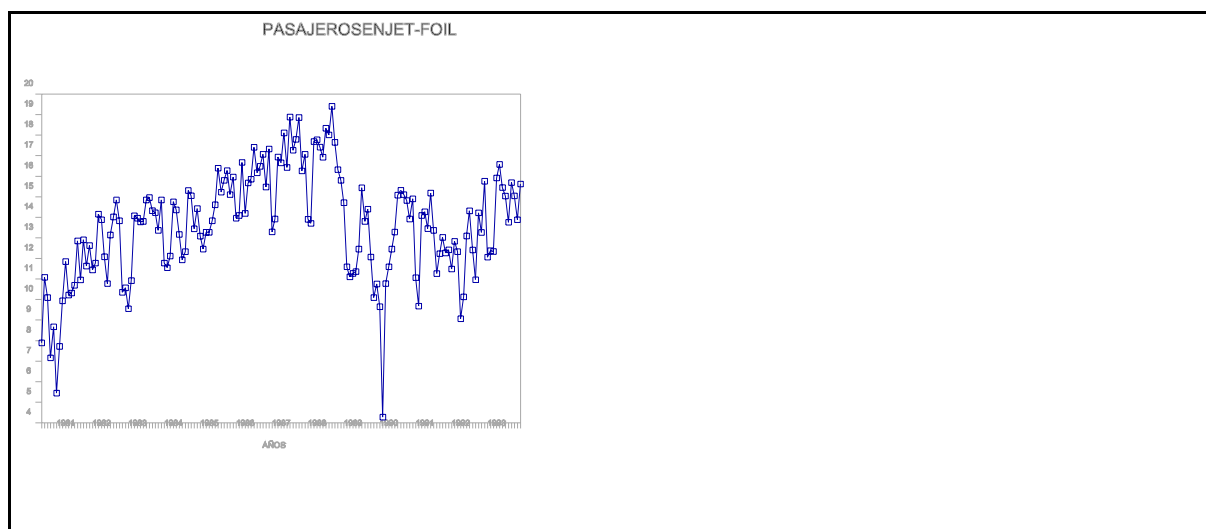


Gráfico 2.3: Evolución del número de pasajeros transportados mensualmente en jet foil.

La caída de la demanda del mes de febrero de 1990 se debe a que en este mes se producen algunas averías del jet foil que provocan la interrupción del servicio durante algunos días y que lógicamente hacen que la demanda tenga una caída anormal.

También se observa una caída en torno al mes de abril de 1992 que de nuevo se debe a una

avería que sufre el jet foil el 31 de marzo, que hace que únicamente funcione un jet foil hasta el 22 de ese mes y que desde el 22 de ese mes hasta el 7 de mayo se interrumpa el servicio, lo cual provoca una importante caída en el número de pasajeros transportados durante ese periodo.

Asimismo el análisis del gráfico 2.3 pone de manifiesto como a partir de febrero de 1989 el número de pasajeros transportados desciende, situándose en unos niveles inferiores a los que se daban con anterioridad. Este fenómeno se debe a los siguientes hechos; en primer lugar en este mes ocurrió el abordaje por un cetáceo de una de las unidades, lo que supuso la suspensión del servicio de este jet-foil. Asimismo durante los primeros seis meses de este año, el mal tiempo supuso 31 suspensiones, lo que suponía un índice equivalente a la media habitual, el número de averías fue algo superior, concretamente 72 en esos seis meses, y además por causas laborales, se produjeron 46 suspensiones más (tal y como se señala en Pita, 1989).

Por tanto solamente de enero a junio de 1989 se dieron 149 suspensiones frente a las 163 del año 1988. Todo esto hizo que el servicio del jet-foil se redujera considerablemente durante este periodo, el cual suele ser de un 88% y en este año se sitúa en un 64% considerando también la varada.

A esta situación del jet-foil a inicios del 89 hay que añadirle la introducción en el mercado interinsular de la compañía Binter Canarias que ha producido un cambio en el comportamiento de la serie situando la demanda de pasajeros en jet foil en niveles muy inferiores a los anteriores, en contraposición a lo que ocurría con la demanda aérea. Y que muestra como el incremento de la oferta del transporte aéreo provocó que un importante número de pasajeros del jet foil se desviarán al avión como reflejo de la demanda insatisfecha que se había generado en el transporte aéreo⁹ y que tuvo que desviarse como alternativa cercana al jet foil.

El análisis de la serie presentada pone de manifiesto como la demanda del jet foil sufre importantes variaciones ante la avería de una de las embarcaciones o cuando se dan problemas anómalos, como fue el del abordaje por un cetáceo, lo cual indica que la escasa flota de jet foil con la que cuenta la compañía Trasmediterránea es un importante problema a la hora de abordar exitosamente estas circunstancias y es lo que ocasiona las importantes reducciones en los niveles de pasajeros transportados que se observan.

⁹ La política seguida por Iberia, a principio de los años ochenta, de cambiar la flota de Fokkers por reactores con la consecuente pérdida de frecuencia, unido al incremento de la demanda que se dio a partir de 1987 y que no se acompañó con un incremento de la oferta, hicieron que se dieran índices de ocupación muy elevados - del 84,65% en 1987- que provocaron la existencia de esta demanda insatisfecha.

Para evaluar la incidencia de todos los hechos anteriormente mencionados se plantea de nuevo un modelo ARIMA con análisis de intervención para la serie de demanda del jet foil, que se presenta en el Anexo 2.1 (véase cuadro A.2.2). Este análisis detecta la existencia de una estacionalidad determinística, con unos meses punta durante el verano, así como un incremento del 6% en el periodo de Semana Santa al igual que ocurría en el avión.

Finalmente, en el gráfico 2.4 se muestra la evolución temporal del número de pasajeros transportados en ferry en términos mensuales. En este caso, la observación del gráfico 2.4 muestra como se da una tendencia decreciente en el comportamiento de la serie y como los mayores niveles de demanda corresponden siempre a los meses de julio, agosto y diciembre.

Para esta serie también se estima un modelo ARIMA, véase cuadro A.2.3 en el Anexo 2.1, que persigue captar únicamente los dos hechos indicados. Muestra una estacionalidad determinística significativa, así como, a diferencia de en todos los casos anteriores, una constante negativa y significativa que capta la tendencia decreciente que se detecta con la mera observación del gráfico. Además al igual que en el resto de situaciones estudiadas la demanda aumenta un 6% en el periodo de Semana Santa.

El análisis efectuado ha permitido describir e identificar las particularidades que se observan en cada serie, observando además que también se da un comportamiento común que deriva de la estacionalidad mensual y del periodo de Semana Santa; de forma que el ciclo anual es común en todas las series así como el incremento del 6% que se produce con el periodo vacacional de la Semana Santa.

El análisis efectuado ha permitido describir e identificar las particularidades que se observan en cada serie, observando además que también se da un comportamiento común que deriva de la estacionalidad mensual y del periodo de Semana Santa; de forma que el ciclo anual es común en todas las series así como el incremento del 6% que se produce con el periodo vacacional de la Semana Santa.

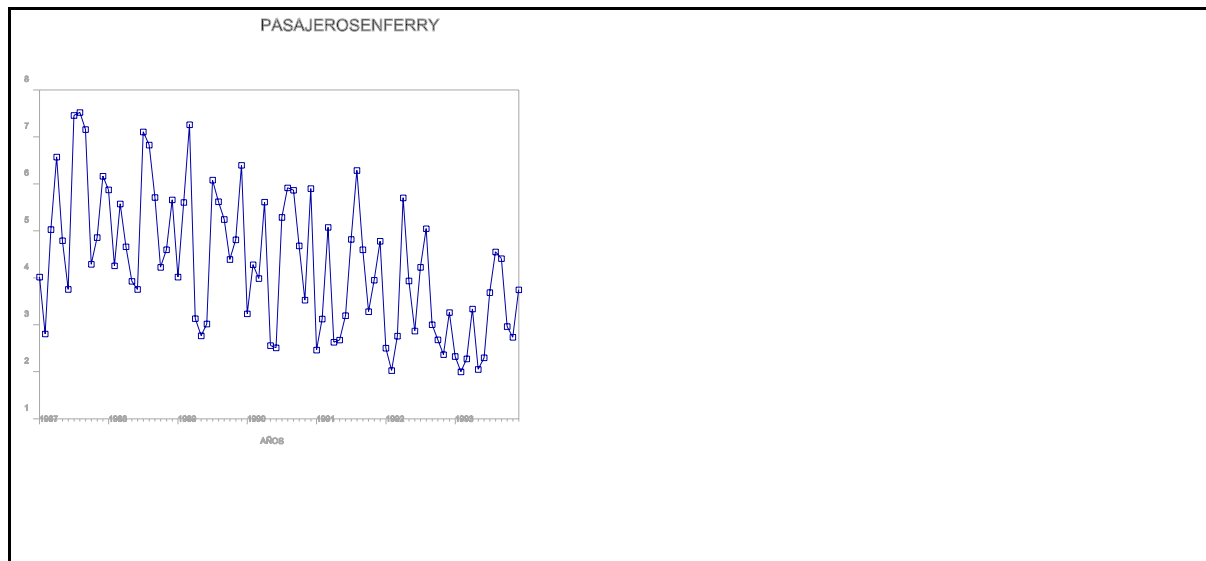


Gráfico 2.4: Evolución del número de pasajeros transportados mensualmente en ferry.

2.3.- CARACTERÍSTICAS DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE EN LA LÍNEA TENERIFE-GRAN CANARIA.

El objetivo de este epígrafe es analizar las características de los viajeros en la línea Tenerife-Gran Canaria con el fin de definir el perfil de los pasajeros y conocer cuáles son los atributos relevantes a la hora de elegir el modo de transporte. Este análisis es complementario al que se ha realizado hasta ahora y permite averiguar cuáles son las características y preferencias de los usuarios de este trayecto.

Los datos utilizados para este estudio proceden de una encuesta realizada en Noviembre de 1992 por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes a los viajeros con origen y/o destino Tenerife y Gran Canaria en la semana que transcurrió desde el lunes 23 hasta el domingo 29.

La encuesta se realizó en los aeropuertos de Tenerife (aeropuerto de los Rodeos TFN) y de Gran Canaria (aeropuerto de Gando), en las estaciones marítimas del ferry y el jet foil de ambas islas, así como a bordo de las embarcaciones y aviones. Se obtuvo una muestra de 5.280 encuestados.

Las preguntas planteadas en dicho cuestionario permiten identificar la hora y el día en que se realiza el viaje, así como establecer las causas que han llevado a elegir la alternativa en cuestión; se puede conocer además la residencia del individuo, el origen y destino del viaje, la frecuencia con que se realiza, el motivo del mismo, el tiempo y el coste monetario, así como el nivel de renta familiar en términos mensuales. Estas cuestiones se presentan en el Anexo 2.2 donde se detalla la agrupación realizada con las distintas respuestas dadas a cada una de las preguntas planteadas y se presenta el cuestionario utilizado.

2.3.1.- Análisis de los Resultados de la Encuesta.

El análisis de los datos de la muestra total, permite identificar cuál es el prototipo de viajero de esta ruta así como las principales razones que le han llevado a elegir el medio de transporte en cuestión.

El cuadro 2.8 presenta la frecuencia de elección muestral de cada uno de los medios de transporte disponibles en esta línea -en cada uno de los sentidos-, donde se observa que los pasajeros que viajan en jet foil y en avión constituyen más del 90% de los encuestados, siendo la proporción de pasajeros que eligen el ferry mucho menor.

El análisis descriptivo de la muestra que se va a realizar posteriormente se centra en los pasajeros con origen en Gran Canaria (trayecto Gran Canaria-Tenerife). No obstante, el trayecto Tenerife-Gran Canaria tiene un comportamiento muy similar. Asimismo se realizará un análisis gráfico que ayudará a captar las similitudes que se observan entre la demanda del avión y el jet foil; así como para constatar el hecho de que son altamente sustitutivos entre sí a diferencia de lo que ocurre con el ferry.

El primer resultado a destacar a partir del análisis de los datos es que la mayor parte de los viajeros de esta ruta son pasajeros de negocios. La mayoría de los individuos que utilizan el transporte aéreo para realizar un viaje interinsular lo hacen por motivos de negocio (un 56,3% de los encuestados viajaron por este motivo).

Cuadro 2.8: Número de pasajeros que elige cada una de las alternativas. Semana del 23 al 29 de Noviembre.

Alternativa	Tenerife-Gran Canaria.	Gran Canaria-Tenerife
1. Avión	1.143 (44,3%)	1.389 (51,3%)
2. Jet foil	1.299 (50,4%)	1.224 (45,2%)
3. Ferry	135 (5,2%)	90 (3,3%)
Total	2.577	2.703

Este mismo comportamiento se da en los pasajeros del jet-foil y ferry (un 57,4 y 48,9% respectivamente). Además, se observa como el mayor porcentaje de pasajeros por motivos vacacionales o de ocio aparece en el ferry, lo cual muestra que estos pasajeros prefieren viajar en un medio más barato aunque el consumo de tiempo sea superior¹⁰.

Destaca además el hecho de que el reparto entre las categorías de viajeros es muy similar en el avión y el jet-foil, lo que pone de manifiesto que ambos medios se enfrentan a una composición de la demanda -tipos de viajeros- muy similar. Esto parece indicar que ninguno de los dos modos se ha especializado en un determinado tipo de viajero y lo que ocurre es que sólo se reproducen las proporciones de cada categoría de pasajero existentes en el mercado¹¹.

Asimismo, habría que hacer notar que si la encuesta se hubiera realizado en otro mes, estas proporciones de tipos de viajeros se podrían haber visto alteradas. Así, si por ejemplo el mes hubiera sido de verano, probablemente la proporción de viajeros por motivo de ocio hubiera aumentado descendiendo la de pasajeros por motivo de negocios; o si la encuesta se hubiera realizado en una semana en la que hubiera coincidido algún periodo vacacional -ejemplo, Semana Santa- la proporción de viajeros por motivos de estudio hubiera aumentado y probablemente ese aumento hubiera sido mayor en el ferry. No obstante, se puede considerar que esas situaciones corresponden a determinados periodos diferenciados donde se concentra un tipo

¹⁰ Esta afirmación habría que ponderarla por el hecho que el número de pasajeros en ferry es mucho menor, con lo que esa mayor proporción de viajeros de ocio supone un número pequeño de viajeros en términos absolutos, menor que el que se da en el avión y el jet foil. No obstante, en este punto interesa analizar el reparto de la cuota de cada modo según las distintas categorías de viajeros.

¹¹ Aunque las proporciones de viajeros por motivos de negocio son muy similares en los tres medios, habría que resaltar que una gran parte de los pasajeros de negocio en ferry se caracterizan por viajar con su vehículo, para transportar mercancías, y que probablemente obedezca a un empresario con distintas características a los que viajan en el avión y el jet foil.

específico de viajeros, pero que no responden a circunstancias de comportamiento habitual de la demanda. De ahí que se pueda considerar que la semana en la que se realiza la encuesta representa una época de comportamiento normal que refleja cual es la composición habitual de la demanda en esta ruta.

Se considera, por tanto, que esta línea se caracteriza por un predominio de pasajeros que realizan su viaje por motivo de negocios, siendo estos individuos los que presentan mayores restricciones en cuanto al horario en que desean realizar su viaje. El cuadro 2.9 refleja como la mayoría de los viajeros de negocio realizan su viaje una vez al mes, siendo los pasajeros de negocios del avión los que viajan en avión los que realizan su viaje con mayor frecuencia (en este caso un 30% realiza su viaje una vez a la semana y otro 30% una vez al mes). Además los viajeros por motivo de negocios son los que efectúan su viaje con mayor frecuencia, ya que representan los mayores porcentajes para la submuestra de frecuencias diaria o más de una vez a la semana. Finalmente se observa un comportamiento diferenciado cuando hacen su viaje en ferry ya que en ese caso no existe ningún viaje con frecuencia diaria en ninguna de las categorías, cuya explicación está en la ausencia de una oferta diaria por parte de este medio, aunque probablemente a pesar de que existiese, el elevado consumo de tiempo que supone el trayecto haría que los individuos que viajan diariamente no se planteen este medio como alternativa viable.

La mayoría de los pasajeros por motivos de ocio viajan con una frecuencia de una vez al año o en raras ocasiones. Mientras que para los viajeros de estudio se observa que más de la mitad de los que viajan en avión realizan este viaje con una frecuencia de una vez al mes, lo que permite concluir que se trata de estudiantes que tienen su residencia en una isla y estudian en la otra. En el jet foil este porcentaje es de un 35,8%, y en el caso del ferry un 80% de los viajeros de estudios realizan su viaje una vez al año, probablemente porque viajen con mucho equipaje ya que al ser una vez al año es cuando concentran el traslado de todo su material.

El análisis realizado permite averiguar la frecuencia con que realizan su viaje cada una de las categorías de viajeros estudiadas; no obstante, si nos fijamos en la cuota de mercado de cada uno de los medios se observa de nuevo como el reparto entre las distintas frecuencias de viaje produce un gráfico muy similar entre el avión y el jet-foil donde el mayor porcentaje aparece en los viajeros que realizan su viaje una vez al mes y en el caso del ferry se trata de los pasajeros que realizan su viaje una vez al año.

Cuadro 2.9: Frecuencia de viaje para las distintas categorías de viajeros (en %).**PASAJEROS EN AVIÓN**

MOTIVO	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
OTROS	0,35	2,46	13,03	38,03	24,30	21,13	0,7
ESTUDIOS	0,00	2,35	21,18	52,94	15,29	7,06	1,18
OCIO	0,00	0,00	12,73	19,55	36,36	30,91	0,45
NEGOCIOS	4,13	13,75	30,38	30,50	13,13	6,75	1,38

PASAJEROS EN JET-FOIL

MOTIVO	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
OTROS	0,00	1,69	14,77	35,02	26,58	21,94
ESTUDIOS	0,00	1,89	24,53	35,85	16,98	20,75
OCIO	0,00	0,00	5,49	19,41	24,05	51,05
NEGOCIOS	1,15	8,61	26,97	38,02	16,36	8,90

PASAJEROS EN FERRY

MOTIVO	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
OTROS	0,00	0,00	0,00	33,33	50,00	16,67
ESTUDIOS	0,00	0,00	0,00	20,00	80,00	0,00
OCIO	0,00	4,35	8,70	13,04	56,52	17,39
NEGOCIOS	0,00	10,00	14,00	30,00	28,00	18,0

- (1) Diariamente
- (2) Más de una vez a la semana
- (3) Una vez a la semana
- (4) Una vez al mes
- (5) Una vez al año
- (6) Sólo hoy o nunca
- (7) No sabe

Otra variable importante para definir el perfil de los pasajeros es el nivel de renta; con este propósito se presenta en el cuadro 2.10 la relación que hay entre el nivel de renta declarado por el individuo y el motivo de su viaje.

En dicho cuadro se recoge como aproximadamente el 30% de cada uno de los tipos de viajeros que van en avión tienen una renta familiar comprendida entre 150.000 y 250.000 ptas/mes

(categoría (3) en el cuadro). Lo mismo ocurre para los pasajeros en jet foil, donde la única diferencia que se observa es para los viajeros por motivo de estudio (el 26% de esta categoría no sabe o no contesta y el porcentaje mayor que le sigue es para un nivel de renta comprendido entre 250.000 y 400.000 ptas/mes). Esto puede ser indicativo de individuos que trabajen y estén realizando algún curso de formación, e indica que la submuestra de viajeros de estudio no es homogénea en este sentido¹². En cuanto a los individuos de negocios que viajan en jet foil se observa como, aunque con porcentajes muy similares a los que se dan en el avión, en los niveles de ingreso superiores se concentra una proporción mayor de pasajeros. En el caso del ferry se detecta de nuevo un comportamiento diferente; en este caso los mayores porcentajes dentro de cada categoría se sitúan para niveles de renta más bajos, destacándose el caso de los viajeros de estudios donde el 60% declara tener una renta inferior a 75.000 pesetas al mes.

Este hecho refleja que, aunque el motivo del viaje coincida, los pasajeros con menor renta prefieren viajar en el ferry que es el medio más barato en este mercado. Tanto en el avión como en el jet-foil el porcentaje más alto se encuentra para los niveles de ingreso entre 150.000 y 250.000 pesetas mensuales, y que es en el ferry donde el mayor porcentaje de pasajeros -un 31%- se sitúa en una renta comprendida entre 75.000 y 150.000 pesetas y que con rentas menores a 75.000 hay un 16% de los pasajeros en contraposición con lo que ocurre en el jet foil y el avión donde este porcentaje es de un 6% y 5% respectivamente. Esto confirma, tal y como se señalaba anteriormente, que los pasajeros con menores niveles de renta se dirigen hacia el medio más barato, a la vez que vuelve a corroborar que el avión y el jet-foil enfrentan una demanda muy similar y de ahí que se pueda considerar que existe un alto grado de sustitución entre ellos. Esta constatación tiene gran importancia en la modelización que se presenta en el capítulo 4 de este estudio.

¹² Este hecho se podía haber constatado si la encuesta tuviera alguna pregunta referida a la ocupación del individuo, lo cual hubiera permitido detectar los distintos tipos de viajes de estudios que se pueden dar.

Cuadro 2.10: Niveles de renta declarados por los pasajeros (en %).

PASAJEROS EN AVIÓN

MOTIVO	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
OTROS	7,75	16,90	33,10	17,61	3,17	21,48
ESTUDIOS	16,47	22,35	27,06	15,29	7,06	11,76
OCIO	3,64	19,09	34,09	16,36	9,09	17,73
NEGOCIOS	2,63	12,88	27,38	24,75	16,88	15,50

PASAJEROS EN JET-FOIL

MOTIVO	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
OTROS	16,03	16,03	26,16	16,88	5,91	18,99
ESTUDIOS	16,98	15,09	15,09	18,87	7,55	26,42
OCIO	7,17	16,46	33,76	21,94	5,06	15,61
NEGOCIOS	1,44	12,50	29,17	27,30	17,96	11,64

PASAJEROS EN FERRY

MOTIVO	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
OTROS	33,33	16,67	33,33	8,33	0,00	8,33
ESTUDIOS	60,00	20,00	0,00	20,00	0,00	0,00
OCIO	13,04	39,13	17,39	17,39	0,00	13,04
NEGOCIOS	8,00	32,00	32,00	10,00	10,00	8,00

(1) Menos de 75.000

(2) Entre 75.000 y 150.000

(3) Entre 150.000 y 250.000

(4) Entre 250.000 y 400.000

(5) Más de 400.000

(6) No sabe o no contesta

Otro aspecto que se analiza en este trabajo es el referido al origen y al destino (municipios) de los pasajeros de este trayecto. Para ello se debe analizar los datos presentados en el cuadro 2.11.

La mayoría de los pasajeros de esta ruta tienen su origen situado en la capital insular aunque el mayor porcentaje se da para los viajeros del jet foil donde casi la totalidad parte de la capital - porcentajes superiores al 90% para todas las categorías a excepción de los viajes por motivo de ocio, donde es de un 75%, probablemente porque éstos tengan su origen en algún otro lugar de la

isla con mayor carácter turístico que la capital-. Estos porcentajes tan altos se deben a que la estación marítima del jet foil se sitúa en el centro de la capital, con lo que se reduce el tiempo y coste en el que incurren los individuos al acceder a la terminal marítima.

Asimismo los porcentajes más elevados dentro de cada categoría se dan para los pasajeros que se dirigen a la otra capital insular, aunque es en los viajeros por motivos de estudio donde se dan los porcentajes más bajos, ya que al tratarse de estudiantes universitarios la mayoría de ellos se dirigen a La Laguna que es donde se sitúa la Universidad - a 10 kms de la capital-.

De esta forma se observa como un elevado número de pasajeros tiene ubicado su origen y destino en las capitales insulares. Los mayores porcentajes de individuos en estas circunstancias son los de negocios, donde más de la mitad realiza ese trayecto- un 48%, un 76% y un 52% de los viajeros de negocios en avión, jet foil y ferry respectivamente-. Se observa además que la mayoría de pasajeros de negocios que viajan en jet foil parten de la capital y su destino es la otra capital insular.

Cuadro 2.11: Origen y Destino de los pasajeros (en %)

PASAJEROS EN AVIÓN					
ORIGEN			DESTINO		
MOTIVO	(1)	OTROS	MOTIVOS	(2)	OTRO
OTROS	64,78	35,22	OTROS	36,97	63,03
ESTUDIOS	72,94	27,06	ESTUDIOS	37,65	63,35
OCIO	77,27	27,73	OCIO	43,64	54,36
NEGOCIO	77,12	22,88	NEGOCIO	57,37	42,63

PASAJEROS EN JET FOIL					
ORIGEN			DESTINO		
MOTIVO	(1)	OTROS	MOTIVOS	(2)	OTRO
OTROS	91,14	8,86	OTROS	68,35	31,65
ESTUDIOS	90,56	9,44	ESTUDIOS	54,72	45,28
OCIO	74,68	25,32	OCIO	65,40	34,60
NEGOCIO	91,67	8,33	NEGOCIO	81,77	18,23

PASAJEROS EN FERRY

ORIGEN

DESTINO

MOTIVO	(1)	OTROS	MOTIVOS	(2)	OTRO
OTROS	83,33	16,66	OTROS	41,66	58,34
ESTUDIOS	100,00	0,00	ESTUDIOS	20,00	80,00
OCIO	82,61	17,39	OCIO	60,87	39,13
NEGOCIO	74,00	26,00	NEGOCIO	68,00	32,00

(1) Las Palmas de Gran Canaria. (2) Santa Cruz de Tenerife.

Para ver cómo se distribuye el origen y destino de los viajeros entre los distintos municipios insulares véanse las gráficas de la A.2.1 a la A.2.6 en el Anexo 2.3.

Otro aspecto interesante, a la vez que importante de cara a profundizar en el conocimiento del comportamiento de los viajeros, es el análisis de la concentración horaria y diaria de cada una de las categorías de pasajeros analizadas, sobre todo para el caso del avión y el jet foil que son los medios con mayor oferta.

Tanto para la demanda del avión como para el jet foil la categoría de pasajeros agrupados bajo la rúbrica de "otros" realizan su viaje mayoritariamente los viernes, sábados y domingos. Esto sugiere que se trata de pasajeros que aprovechan el fin de semana para realizar este viaje pudiendo ser por razones familiares, sociales, etc.

En el caso de los viajeros de negocios, los menores porcentajes se dan los sábados y domingos, siendo el menor el de los domingos. Y el día donde se concentra mayormente este tipo de viajeros es el miércoles tanto en el caso del avión como del jet foil -el análisis univariante que se presenta en el anexo 2.1 muestra que éste es un día punta en ambos medios-. Asimismo dentro de los días laborables el que supone el menor porcentaje de viajeros de negocios es el viernes.

Los pasajeros de negocios suelen realizar su viaje en avión a primera hora de la mañana que es donde se concentra el mayor porcentaje -un 12,25% del total de este tipo de pasajeros-, dándose porcentajes muy similares aunque algo inferiores durante el resto de la mañana. Los vuelos comprendidos entre las 15:30 y 18:00 son los menos frecuentados por los pasajeros de negocios y, finalmente, en las horas de la tarde-noche vuelve a producirse una mayor concentración.

Este hecho se pudo comprobar en un trabajo previo (véase González-Marrero y Pérez-Marante,

1993) donde se estudió las fluctuaciones de la demanda aérea a lo largo del día en la línea Tenerife/Gran Canaria. Allí se mostró la existencia de tres períodos diferenciados, horas punta de la mañana, horas punta de la tarde/noche y un periodo de horas valle en las horas centrales del día. Esta variación cíclica durante el día, se debe a que en los días laborables la mayoría de los viajeros en esta línea pueden considerarse, tal y como se ha señalado anteriormente, pasajeros de negocio que desean viajar en los primeros vuelos de la mañana y regresar a casa en los vuelos de la tarde/noche de ese mismo día.

En el caso de los pasajeros de negocios en jet foil, se observa como éstos se concentran mayoritariamente, al igual que en el caso anterior, en las primeras horas de la mañana -ocho y nueve- y en el jet foil de las cinco de la tarde. No obstante, en este caso hay que hacer una aclaración y es que el jet foil sólo opera hasta las seis de la tarde por lo que los pasajeros que quieren realizar su viaje después de esa hora tienen que acudir como única alternativa disponible al avión; esto explica la concentración de la demanda aérea que se observa en el avión para los vuelos de la tarde-noche, a la vez que pone de manifiesto la existencia de individuos cautivos de este medio.

El ciclo que se da a lo largo del día en el jet foil, y que recoge las horas punta y valle, se puede analizar a través de los índices de ocupación medios que se dan a las distintas horas en que opera. Se observa que el índice de ocupación más elevado se da para la primera salida de la mañana -un 41,79% en 1993- y la última de la tarde¹³ -un 72,75% en 1993-. Comportamiento que parece similar al que se daba en el momento en que se realizó la encuesta.

La concentración diaria que se observa para los pasajeros por motivos de ocio es diferente entre el avión y el jet foil, ya que en el caso de los pasajeros en avión esta demanda se concentra el viernes, sábado y domingo y para el jet foil destaca además la del miércoles. Esto se debe a que la muestra incorpora información acerca de grupos o excursiones organizadas que se realizaron en jet foil entre semana, por ejemplo un equipo de fútbol. Sin embargo, en este caso no se observa ningún comportamiento diferenciado en cuanto a la concentración horaria a lo largo del día sino que este tipo de pasajeros se reparten uniformemente, sin observarse ninguna hora donde la concentración sea mayor. La explicación a este hecho se debe a la mayor disponibilidad de tiempo libre que tiene este tipo de viajeros, que hace que sus viajes no tengan que estar restringidos a determinadas horas.

¹³ Esta última salida del jet foil se altera según la época del año, se adelanta en invierno y se retrasa en verano.

La mayor parte de viajes de estudios se realizan en el avión los domingos, y en el jet foil los miércoles y sábados. De nuevo se observa en esta submuestra un comportamiento no homogéneo que refuerza la idea de que se están agrupando en esta submuestra viajeros con distintas características.

Finalmente se estudian cuáles son las principales características que ponderan los individuos cuando eligen el modo de transporte -véase gráfico 2.8-. La razón por la que casi la mitad de los usuarios del transporte aéreo -un 45,8%- deciden viajar en el avión es la rapidez del medio, siendo la comodidad la segunda característica más valorada -un 11,7% de los encuestados viajan en avión por esta razón-. Este comportamiento es homogéneo entre las distintas categorías de viajeros, esto es de negocios, ocio, estudios y otros.

Los viajeros del jet foil que eligen este medio lo hacen mayoritariamente por la comodidad -un 24,3% de los encuestados-, por la cercanía al origen/destino un 19,4% de los viajeros, y por la rapidez un 18%. En este caso se observa que un 20% de los pasajeros de ocio viajan en este medio por tratarse de viajes organizados (excursiones).

La razón que hace que con mayor frecuencia los pasajeros del ferry elijan este medio es el traslado de su coche, el 52,8% de los pasajeros han elegido este medio por dicha razón. En este sentido hay que recordar que el único modo disponible que ofrece esta posibilidad es el ferry.

2.4.- CONCLUSIONES.

La demanda de transporte de pasajeros en la ruta Tenerife-Gran Canaria se cubre por tres medios de transporte: avión, jet foil y ferry, de entre los cuales son el avión y el jet foil los que se enfrentan a una demanda muy similar, constituyéndose en dos medios que compiten entre sí y que se han disputado el reparto de este mercado.

La provisión de servicios de transporte en este trayecto se ha realizado en régimen de monopolio por dos compañías públicas (Iberia y Trasmediterránea). Sin embargo, actualmente y como consecuencia de la liberalización comunitaria, se da un mayor grado de competencia, que se manifiesta en la aparición de nuevas compañías privadas -tanto aéreas como marítimas- que ofrecen servicios regulares.

Aunque todavía no existe un alto grado de competencia (las compañías aérea Air Europa y Spanair ofrecen una frecuencia muy inferior a la de la compañía Binter, a la vez que la compañía Fred Olsen se dirige a un mercado diferente que compite con el ferry de Trasmediterránea) se pueden observar algunos cambios y reacciones que derivan de este nuevo marco legal. En este contexto hay que situar la caída de precios del ferry de Trasmediterránea ante la aparición de la compañía privada Fred Olsen, así como la disminución de la demanda de transporte de la compañía Binter en el año 1994, mostrando índices de ocupación mensuales inferiores a los de periodos anteriores.

La compañía Binter Canarias afrontaba en 1994 una cuota de mercado del 50% y el jet foil una cuota del 37%. Así se observa que el modo de transporte más utilizado en esta ruta es el aéreo, que posee como principales ventajas la elevada frecuencia diaria que ofrece en comparación al jet foil, así como su mayor amplitud horaria; siendo la oferta del jet foil más rígida en la medida en que sólo dispone de dos embarcaciones y realiza un viaje de más larga duración, lo que explica que su frecuencia sea menor.

Estas características de la oferta del jet foil han llevado a que se produzcan importantes caídas de la demanda en determinados momentos. Así, cuando se produce una avería o incluso ante la retirada de alguna embarcación en los periodos de revisión, la escasa flota de la compañía hace imposible cubrir este servicio ocasionando considerables descensos en los niveles de demanda, tal y como se comprobó en el análisis gráfico que se realiza en este capítulo así como en el de intervención que se realiza sobre la serie univariante de demanda del jet foil, y que aparece en el Anexo 2.1.

Asimismo, se observa como los índices de ocupación que se dan en el avión (70%) son muy superiores a los del jet foil (45%). Esto puede ocasionar problemas de exceso de oferta del jet foil en las horas valle y escasez de oferta del avión en las horas punta, motivando la existencia de demanda insatisfecha en este medio.

Por su parte la oferta del ferry sirve un mercado con comportamiento y necesidades distintas, con un viaje de más larga duración y una menor frecuencia. Se trata de un medio de escasa importancia en cuanto al número de pasajeros transportados, a la vez que presenta una tendencia decreciente en su cuota de mercado. Por tanto, se puede concluir que el ferry no ejerce una competencia efectiva a los otros dos modos disponibles, ya que la mayoría de los pasajeros que viajan en este medio lo hacen porque llevan su coche -posibilidad que sólo se da en el ferry- o porque viajan con mucha carga.

Los pasajeros que caracterizan esta ruta son los que viajan por motivo de negocios (un 55% de los viajeros), los cuáles realizan su viaje frecuentemente (un 30% realiza el viaje una vez al mes) y se sitúan principalmente en los niveles de renta situados en el intervalo de 150.000-200.000 ptas/mes (30% en el jet foil y en el avión). Sin embargo, los viajeros de negocios del ferry declaran disponer de unas rentas inferiores a 150.000 pesetas mensuales, lo que hace pensar que responden a características distintas a los del avión y el jet foil.

Se observa como los viajeros del jet foil y el avión tienen un perfil muy similar tanto en lo referente a las características socioeconómicas de los mismos -nivel de renta, motivo del viaje, origen y destino- como a la frecuencia con que realizan su viaje. Aunque los atributos que se valoran en ambos medios son distintos, para los pasajeros del avión se trata de la rapidez del medio y para los del jet foil es la comodidad.

Cuando los pasajeros tienen su origen y destino situado en las capitales insulares se puede considerar que el tiempo total del viaje es muy similar en el avión y en el jet foil; no obstante, la duración del viaje en avión es de treinta minutos mientras que en el jet foil es de ochenta minutos. Esto puede llevar a que los individuos consideren el avión más rápido, en la medida en que prefieren emplear el resto del tiempo de viaje en un medio de transporte terrestre, considerado como más habitual.

La evidencia empírica realizada en este capítulo muestra como la demanda de transporte se caracteriza por la existencia de periodos con distinta intensidad, observándose un comportamiento estacional mensual. Existen determinados hechos que repercuten en el comportamiento de la demanda tales como el periodo vacacional de la Semana Santa que supone un incremento de un 6%, incremento que coincide en la demanda de pasajeros de cada uno de los medios existentes. Además se observa como la mayoría de los cambios de la demanda obedecen a alguna modificación de la oferta, donde destaca el cambio que ocasionó la entrada en funcionamiento de la compañía Binter Canarias.

Además de esta variación mensual, se observa como los viajeros se concentran en determinadas horas. Así, en el caso de los pasajeros de negocios se detecta como éstos realizan sus viajes mayoritariamente en las primeras horas de la mañana y las de la tarde-noche, a diferencia de los viajeros de ocio que se dispersan a lo largo del día como reflejo de la mayor disponibilidad de tiempo libre.

En conclusión el estudio de la demanda que se realiza en este capítulo permite identificar los motivos del viaje y las características socioeconómicas de los pasajeros de este trayecto, a la vez que se comprueba la existencia de un comportamiento estacional mensual diferenciado, así como una determinada concentración horaria en la realización de los viajes por parte de los pasajeros, que permite conocer las necesidades y restricciones de tiempo con que se enfrentan los individuos a la hora de realizar su viaje.

CAPÍTULO 3.- MODELOS DE ELECCIÓN DISCRETA: FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y ANÁLISIS DE LAS DISTINTAS FORMULACIONES.

3.0.- INTRODUCCIÓN.

El objetivo de este capítulo es profundizar en los fundamentos teóricos en los que se basan los modelos de elección discreta, así como hacer un análisis de algunas de las formulaciones más utilizadas. El propósito es establecer un marco de análisis adecuado para el estudio de las elecciones que hacen los individuos, específicamente la elección del modo de transporte que será formalizada y aplicada a nivel empírico -en un contexto interinsular- en el capítulo siguiente.

Los modelos de elección discreta han sido ampliamente utilizados en la literatura económica de los últimos años, constituyéndose en un campo de aplicación en constante expansión. Estos modelos permiten realizar una estimación cuando la variable dependiente sólo puede tomar un número finito de valores, siendo esta variable una probabilidad no observada y las observaciones elecciones individuales. El caso más frecuente, cuando la variable dependiente es cualitativa, surge al modelizar la decisión tomada por un agente. Observándose que, aunque los modelos desagregados pueden aplicarse en todas las áreas de planificación del transporte, ha sido una tendencia habitual el centrarse en modelos de elección del modo de transporte.

El análisis de la bibliografía relevante en este tema muestra como ha existido, y se mantiene actualmente, un importante debate acerca de la forma funcional que se debe adoptar en la especificación econométrica de estos modelos. Se dan múltiples especificaciones alternativas, algunas de las cuales se analizan en este capítulo señalando las diferencias que hay entre ellas y las posibles ventajas e inconvenientes.

El modelo central en el que se basará nuestro análisis, y que ha sido el fundamento de la mayoría de los estudios empíricos, es el de la utilidad aleatoria. En este modelo se considera que el agente decisor se comporta de forma racional intentando maximizar una función de utilidad de tipo estocástico, lo que lleva a introducir un comportamiento probabilístico. Las diferentes especificaciones que adopte la función probabilística darán lugar a distintos modelos, con diferentes implicaciones y supuestos, y donde destaca el denominado Logit Simple por haber sido muy utilizado.

Sin embargo, no existe ninguna especificación que se pueda considerar a priori superior por lo

que serán las condiciones particulares del problema objeto de estudio las que deben llevar a definir y decidir cuál será la forma funcional finalmente utilizada.

Otro aspecto importante en la especificación de los modelos desagregados de elección discreta ha sido la forma de la función de utilidad que se debe utilizar. En la mayoría de los trabajos se ha adoptado una función de utilidad lineal en los parámetros, aunque tal y como veremos existen otras especificaciones alternativas que se plantearán en este capítulo y que han sido utilizadas en estimaciones empíricas.

Este capítulo continúa con la descripción de algunos principios de las teorías de elección individual que serán útiles en la formalización empírica de modelos de elección discreta y que se presentan en la sección 1. La sección 2 analiza los fundamentos teóricos de los modelos desagregados de demanda, normalmente basados en datos de elecciones individuales -discretas- y en la teoría de la utilidad aleatoria. La sección 3 se ocupa de analizar la forma funcional que adoptan los modelos de elección discreta, estudiando tanto la función probabilística -donde se analizan las características y propiedades de los modelos logit y probit- como la función de utilidad y las variables relevantes que se introducen, donde se hace especial énfasis en el papel de la variable renta en estos modelos. En la sección 4 se presentan las conclusiones generales. Finalmente, en el anexo, se enumeran los criterios de evaluación que se suelen utilizar en los modelos de elección múltiple.

3.1.- UN MARCO PARA LAS TEORÍAS DE ELECCIÓN.

Una decisión puede ser vista como un proceso que deriva de la aplicación de una norma y que lleva al agente decisor a elegir entre un conjunto de alternativas, una vez que ha evaluado los atributos de las mismas¹.

Existen algunos comportamientos que no son el resultado de este proceso sino que, por el contrario, se deben a situaciones donde el individuo sigue determinados hábitos, asume un comportamiento convencional dado, se guía por su intuición, o incluso imita el comportamiento de algún líder. En estos casos se puede considerar que se trata de un proceso de elección en el que el decisor genera una única alternativa.

¹ Para un estudio detallado de los elementos que intervienen en este proceso véase Ben-Akiva y Lerman (1985); capítulo 3: "Theories of Individual Choice Behavior".

Tal y como se señala en Ben-Akiva y Lerman (1985), autores tales como Slovic y otros (1977) y Svenson (1979) presentan una clasificación detallada acerca de la norma de decisión que usa el agente en su proceso de elección y que puede ser agrupada en distintas categorías, entre las que destaca -dada la relevancia de cara al trabajo que se presenta- el criterio de la **utilidad**².

Cuando las alternativas son heterogéneas y los agentes decisores pueden enfrentarse con diferentes conjuntos de elección, a la vez que asignan diferentes valores a los mismos atributos, lo mejor es trabajar con una caracterización general de cada alternativa definida por su conjunto de atributos. Por esta razón, se seguirá el enfoque de la utilidad como la norma de decisión que fundamenta los modelos de elección discreta que se desarrollarán posteriormente. Asimismo, tal y como veremos posteriormente, el utilizar esta norma de decisión permitirá apoyarnos en los supuestos de comportamiento que establece la Teoría microeconómica de cara a las elecciones del consumidor.

² Además del criterio de utilidad, los autores anteriormente mencionados enumeran otros:

-Dominante. Se considera que una alternativa es dominante con respecto a otra cuando es mejor al menos en un atributo y no es peor en el resto. Esta norma no lleva a una única elección, pero sin embargo puede ser utilizada para eliminar aquellas alternativas inferiores; no obstante en el mundo real es muy difícil encontrar una alternativa que sea superior en todos los atributos.

-Satisfacción. Según este enfoque se supone que para cada uno de los atributos existe un nivel que sirve como criterio de satisfacción. Este puede ser definido como un "nivel de aspiración" basado en las expectativas del agente que derivan de la información que posee, así como de su propia experiencia. De esta forma una alternativa puede ser eliminada si no tiene al menos un atributo que cumpla el criterio. Sin embargo, este criterio puede que no nos lleve a una elección; aunque en combinación con otro criterio, como por ejemplo el dominante, puede convertirse en una norma más decisiva; por ejemplo, encontrar una alternativa que cumple el criterio para al menos un atributo y no empeora para el resto de los atributos de las otras alternativas.

El criterio de Satisfacción más común es el de Eilon(1972), donde la noción de satisfacción es aplicada a decisiones de viaje que también involucran la decisión de localización; en este caso el modelo de decisión está asociado con la adquisición de información en el proceso de investigación.

-Normas lexicográficas. Suponen que los atributos son ordenados de acuerdo a su nivel de "importancia". El individuo elige la alternativa que tenga un mayor atractivo en el atributo más importante. Cuando los atributos son cualitativos, todas las alternativas que posean esta cualidad serán mantenidas. Cuando el atributo más importante sea común en varias alternativas el decisor se fijará en el segundo atributo en orden de importancia, y así sucesivamente hasta que llegue a una única elección.

La combinación de las normas de satisfacción y lexicográficas se conoce como "eliminación por aspectos" (Tverski, 1972). El proceso comienza analizando el atributo más importante y eliminando aquellas alternativas que no satisfagan el criterio del nivel de aspiración, y así sucesivamente hasta que se llegue a una única opción, o a un conjunto entre las cuáles se decidirá de una forma compensatoria -optimizando una función objetivo-.

Según este enfoque, la norma de decisión de la utilidad, también denominada "compensatoria", se basa en el supuesto de que los atributos se pueden medir, lo cual significa que el atractivo de una alternativa -expresado por un vector de medidas de los atributos- es reducible a un escalar. De esta forma es posible definir una única función objetivo que el agente intenta maximizar a través de su elección. La suposición de este único índice se basa en la noción de intercambio o "trade-off" que el decisor usa explícita o implícitamente cuando compara los diferentes atributos que caracterizan a cada una de las alternativas disponibles.

3.1.1.- La Teoría de Elección Discreta.

El proceso de elección, que como hemos visto deriva de la aplicación de una norma de decisión, se debe enmarcar en un contexto de estudio específico. Así en este trabajo nos referiremos a elecciones discretas que se formalizan a través de modelos probabilísticos. Este hecho hace necesario introducir la teoría que fundamenta este tipo de modelos de elección con objeto de centrarnos finalmente en el modelo de utilidad aleatoria que será aplicado en capítulos posteriores.

La teoría de elección discreta se engloba dentro de la teoría económica del consumidor donde el individuo se enfrenta a un conjunto discreto de alternativas y por lo tanto, existe la posibilidad de que el consumo de una o más mercancías sea cero. En este caso, el problema de maximización podría llevar a lo que se conoce como una "solución de esquina" donde no se cumple la condición de primer orden para obtener el óptimo.

Una representación discreta de las alternativas necesita un marco analítico diferente al de la teoría microeconómica convencional, ya que esta última se centra en casos donde las elecciones asequibles son variables continuas tales como las cantidades de bienes homogéneos, a diferencia del caso que nos ocupa donde la variable es de naturaleza discontinua debido a que sólo se puede elegir una alternativa entre varias. Este nuevo marco analítico se apoya en la formulación de modelos basados en la teoría de elección, donde se trata de modelizar el comportamiento de individuos que deben hacer una elección entre un número finito de alternativas excluyentes. En particular, necesitamos una teoría que nos permita hacer inferencia estadística acerca del comportamiento de la "población media" que se puede derivar a partir de una muestra extraída de una población de individuos. Los modelos que se utilizan con este propósito se denominan

modelos de elección discreta, en los cuales, tal y como veremos en el siguiente epígrafe, la variable dependiente es de naturaleza discontinua y sólo toma un número finito de valores.

3.1.2.- La Teoría de la Elección Probabilística.

En el planteamiento inicial de los modelos de elección discreta se solía hacer la simplificación de que los procesos de elección eran determinísticos y reproducibles, de tal forma que cuando el agente se enfrentaba de forma repetitiva ante las mismas alternativas su elección era siempre la misma. Este supuesto, junto con la simplificación de que los individuos usan una norma de decisión que es consistente y estable basada en las características de oferta y demanda, ha sido el fundamento de la mayoría de los modelos de demanda de transporte durante los primeros momentos de su desarrollo.

Posteriormente, las observaciones empíricas de preferencias inconsistentes y no transitivas hicieron necesario el replanteamiento de la teoría surgiendo la teoría de elección probabilística. Esta evidencia empírica, que resultaba contradictoria con los supuestos considerados hasta el momento, consistía en experimentos donde se observaba que los individuos cuando se enfrentan repetidamente a la misma situación de elección no siempre eligen la misma alternativa e incluso, en ocasiones, se había detectado como individuos que se enfrentan a las mismas alternativas y poseen características socioeconómicas similares realizan elecciones distintas.

Las teorías de elección probabilística surgen en contraposición a lo que postulaba la teoría económica neoclásica donde se suponía que los individuos tenían un poder discriminatorio perfecto y una capacidad de obtener información de forma ilimitada, de tal manera que podían ordenar todas las alternativas de una forma consistente y bien definida, determinando su elección óptima, la cual repetirían bajo circunstancias idénticas. Esta aproximación ha sido criticada por muchos autores -véase Thurstone (1927), Luce (1959), Luce and Suppes (1965), Tversky (1969), (1972)- así como por algunos economistas -véase Georgescu-Roegen (1937), (1958); Quandt (1956), Block y Marschak (1960); McFadden (1981), (1986), los cuales consideran que los supuestos de perfecto poder discriminatorio y capacidad ilimitada de procesar información no constituyen una descripción adecuada del comportamiento del ser humano. Tal y como señala Tversky (1972):

...cuando un individuo se enfrenta a una elección entre un conjunto de alternativas, a menudo se

observan problemas de incertidumbre e inconsistencias, que se deben a que el individuo con frecuencia no está seguro de que alternativa debería elegir, y no siempre toman las mismas decisiones bajo circunstancias idénticas".

Tal comportamiento aparentemente irracional lleva a este autor a concluir que si se quiere tener en cuenta las inconsistencias observadas y la incertidumbre, el proceso de elección debe ser visto como probabilístico. De forma que se dirá que "x" es preferido a "y" sólo cuando haya sido elegido en más de la mitad de las ocasiones, es decir cuando $P(x,y) \geq 1/2$. En estas condiciones se establece que el axioma de la transitividad puede expresarse como sigue:

Si $P(x,y) \geq 1/2$ y $P(y,z) \geq 1/2$ esto implica que $P(x,z) \geq 1/2$

Esta condición se denomina transitividad estocástica débil -"weak stochastic transitivity" (WST)- y es la versión probabilística más general de la transitividad.

En el planteamiento de los modelos probabilísticos supondremos que cuando el individuo debe elegir entre varias alternativas, hay una probabilidad de elegir una alternativa sobre otra, y que esta probabilidad puede tomar cualquier valor entre 0 y 1³, la cuestión es ver qué factores determinan esta probabilidad.

Se puede considerar que este comportamiento probabilístico deriva de considerar que el comportamiento individual es intrínsecamente probabilístico, que se debe a la imposibilidad de modelizar de forma precisa el comportamiento individual, o incluso de ambos hechos. El primer punto de vista es tomado por Quandt (1956), quien argumenta que una alternativa puede ser vista como la composición de un conjunto de características -lo que el autor denomina "primitive characteristics"- . De esta forma la relación de preferencias del individuo se define directamente sobre estas características y sólo indirectamente sobre las alternativas. Quandt utiliza este marco para ofrecer una explicación al comportamiento de elección probabilística. Un individuo podría olvidarse de tomar en cuenta algunas características de una alternativa y/o evaluar incorrectamente la importancia de una característica asociada con una determinada alternativa, e incluso se puede considerar que las circunstancias bajo las cuales se realiza la elección pueden alterar la percepción y/o "atractivo" de una alternativa, es decir la aleatoriedad podría provenir de estos hechos sin que necesariamente se hayan producido variaciones en los gustos.

³ El modelo neoclásico puede ser visto formalmente como un caso especial del modelo probabilístico en que la probabilidad de elegir una alternativa (a) sobre otra (b) solo puede tomar los valores 0, 1/2, 1: $P(a,b)=0$ si el individuo prefiere estrictamente "b" a "a" ($b > a$), $P(a,b)=1/2$ si "a" es indiferente respecto a "b" ($a \sim b$), $P(a,b)=1$ si "a" es más preferido a "b" ($a > b$).

Por otro lado, para Manski (1977) son los retrasos en la información los que llevan a modelizar las normas de decisión como probabilísticas, en la medida en que parece razonable sostener que hay características que no son observables o medibles.

De esta forma el mecanismo probabilístico puede ser usado para captar tanto los efectos que provocan las diferencias entre los individuos que no se pueden medir, como los atributos de las alternativas que no se pueden observar. Además, este mecanismo puede usarse para tomar en cuenta comportamientos puramente probabilísticos o aleatorios, así como errores debidos a percepciones incorrectas de los atributos y elección de alternativas subóptimas.

Se observa, por tanto, que el comportamiento estocástico puede proceder de distintas fuentes como pueden ser, aparte de las ya señaladas, la ausencia de una norma de decisión racional y consistente, que hace que los modelos de elección estocástica resulten ser más realistas en la medida en que permiten recoger situaciones donde la idiosincrasia de los individuos puede afectar su decisión, y donde además el individuo puede tener un conocimiento imperfecto de las alternativas disponibles y las características de las mismas.

Aunque los modelos de elección que derivan de los dos enfoques anteriores -el dado por Quandt (1956 y el de Manski (1977)- son idénticos, los modelos de comportamiento del consumidor han optado por seguir en el enfoque dado por Manski, de forma que se supone que el individuo se comporta de forma racional y elige la alternativa que le reporta la máxima utilidad, siendo los problemas a la hora de modelizar ese comportamiento -errores de medición y observación por parte del modelador- los que lleven a introducir un elemento aleatorio o probabilístico⁴.

3.2.- FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LOS MODELOS DE ELECCIÓN DISCRETA.

En los modelos de elección discreta, también denominados modelos de respuesta cualitativa, se relaciona la probabilidad condicional de una elección con una serie de factores explicativos, que recogen las características de los individuos que toman las decisiones así como los atributos de las alternativas, y permiten calcular la probabilidad de que un individuo con determinadas

⁴ En este estudio se seguirá este planteamiento, el cual permite derivar el modelo de utilidad aleatoria que será desarrollado posteriormente.

características haga una elección dada.

El modelo más simple es el de elección binaria en el que la variable dependiente (Y) toma solamente dos valores que, por conveniencia y sin pérdida de generalidad, se denotan por 0 y 1 (por ejemplo 0 si viaja en Jet foil y 1 si decide viajar en avión⁵). Hay también casos donde la variable dependiente puede tomar tres o más valores y que se denominan modelos de elección múltiple⁶.

En esta sección nos ocuparemos de modelos de elección discreta que formalizan un proceso de decisión en que el resultado es la elección de una única alternativa -entre un conjunto finito de alternativas excluyentes-, donde no existe ninguna estructura en las alternativas, a parte del hecho de que son distintas. Y, en el proceso de elección influyen un conjunto de variables o características de las cuales algunas son medibles y otras no.

El elemento central en este tipo de modelos reside en la elección de la transformación que permita pasar de una variable discontinua a una variable continua.

El modelo formal se expresa de la siguiente forma (véase Gallástegui, 1985):

Un agente i ($i=1,\dots,n$) se enfrenta a un problema de decisión con un número discreto de alternativas j ($j=1,m$) mutuamente excluyentes, donde se observan, para cada agente, una serie de características o atributos representados por las variables X . Además, se supone una muestra de "n" individuos para los cuales se observa su elección y características (j,X); y se considera que esta muestra se ha extraído de una población con función de distribución de probabilidades desconocida $f(j,X)$. De forma que la función de distribución conjunta, que resulta de suponer que las características influyen en la elección de las alternativas y que es la base de los modelos de elección discreta, responde a la siguiente forma:

$$f(j, X) = G(j/X).p(X) \quad (3.1)$$

⁵ Estos números sólo son un código que se elige arbitrariamente para distinguir entre alternativas sin que aporten más información adicional, por tanto se trata de una variable cualitativa a diferencia de una variable discreta como podría ser cuando la variable Y es discontinua pero su número indica alguna información tal como, por ejemplo, el número de patentes registradas en una compañía durante un año

⁶ En los modelos de elección múltiple con variable cualitativa existen tres casos: modelos de respuesta no-ordenadas, modelos de respuesta ordenadas y modelos de respuestas secuenciales (véase Díez, 1988).

Como se ha señalado anteriormente los modelos de elección discreta postulan la existencia de una relación causal entre las características X y la alternativa elegida, j , por lo que la distribución relevante a estudiar es $G(j/X)$, dada en la ecuación (3.1). Si definimos P_j como la probabilidad de elegir la alternativa j dado el conjunto de características X , el modelo de elección discreta viene definido como

$$P_j = Pr(j/X) = G(X, \theta) \quad (3.2)$$

siendo (θ) el conjunto de parámetros de la distribución. La función G determinará por tanto la forma de la relación entre P_j y X .

El modelo explica la probabilidad de elegir una alternativa, P_j , mientras, que lo que se observa es la elección de la misma. Esta dificultad se puede resolver de distintas formas; en algunos modelos se resuelve introduciendo una variable latente o no observable denominada "umbral" y en otros modelos a través de la introducción del concepto de utilidad, que es el que permite establecer un nexo entre los modelos de elección discreta y la teoría del consumidor. Veamos en que consiste cada uno de estos enfoques en los que se persigue establecer una relación causal entre la elección y las características.

a) **Fijación de una variable Umbral (I_i^*)**. La introducción de esta variable no observable permite formalizar la relación causal entre la elección j y el conjunto de características X suponiendo que se elegirá la alternativa j cuando se supere un umbral dado, I_i^* . El umbral, conocido para el individuo, es desconocido para el observador que no conoce todos los elementos que influyen en la determinación del mismo, aunque se sabe que depende de algunas características que se pueden medir. Así, el individuo i elegirá la alternativa j cuando su umbral para dicha alternativa haya sido superado; por tanto si y_i es una variable que representa la alternativa elegida por el individuo se puede considerar:

$$y_i = j \quad \text{si} \quad I_i^* - I_i \quad (3.3)$$

Este umbral se puede hacer depender de variables relevantes y observables $I_i = H(x)$ y considerar I_i^* como una variable aleatoria con una determinada distribución de probabilidad. Así la probabilidad de que el individuo i elija la alternativa j será

$$\begin{aligned}
P_{ij} &= Pr(y_i = j) = Pr(I_i^* \leq I_i) \\
&= F(I_i) = F[H(x)] = G(x, \theta) \quad (3.4)
\end{aligned}$$

La elección de la función G en la ecuación (3.4) -que relaciona características y probabilidades- se hace en dos partes: se elige la función F que representa la distribución de probabilidad de la variable umbral y posteriormente se elige la función H que establece la forma funcional que relaciona las características y el índice.

b) **El enfoque de la Utilidad.** Se han dado aproximaciones diferentes para introducir el mecanismo de elección probabilística como son la de Luce y Suppes (1965) los cuales distinguen entre los mecanismos de la utilidad constante y la utilidad probabilística. Esta distinción entre dos familias de modelos surge a partir del trabajo de Block y Marschak (1960) sobre elección individual. Una interpretación de la primera familia de modelos es que la norma de decisión es estocástica mientras que la utilidad es determinística (Luce (1959), Tversky (1972)) y para la segunda familia de modelos la norma es determinística mientras que la utilidad es estocástica (McFadden (1974, 1981), Thurstone (1927)). Por tanto estas dos clases de modelos se distinguen en función del mecanismo probabilístico que gobierna la elección. En ambos casos las variables básicas son las probabilidades de elección que pueden ser especificadas a priori.

En este trabajo nos basaremos en el enfoque de una función de utilidad estocástica que tiene un apoyo teórico en la teoría microeconómica y que será objeto de estudio en el siguiente epígrafe.

3.2.1.- El Modelo de Utilidad Aleatoria.

La teoría de la utilidad aleatoria constituye un marco de análisis adecuado para la construcción de modelos de demanda de transporte a partir de los principios de elección individual, y ha llegado a ser el principal enfoque en el que se basan la mayoría de los modelos de elección discreta. Sus elementos fundamentales son los siguientes (véase Ortúzar y Willumsen, 1994):

1) Se considera que individuos en un segmento de mercado dado -con las mismas elecciones y restricciones- asocian a cada opción una utilidad neta y escogen aquella alternativa con el mayor

valor de utilidad. Se trata, por tanto, de individuos que actúan de forma racional y tienen información perfecta; esto es, siempre escogerán aquella alternativa que haga máxima su utilidad.

2) Existe un conjunto de alternativas disponibles "A" que puede variar entre los individuos de la población; en particular para un individuo i este será uno tal como $A(i) \in A$, además existe un vector de características de los individuos y de las alternativas -"atributos"-, medibles para cada individuo (X), siendo $x \in X$ el que correspondería a un individuo i de la población.

En este contexto se supone que el conjunto de alternativas disponibles ("choice set"), sobre las que el individuo debe escoger, está predeterminado; de forma que el proceso de elección llevará a elegir la mejor alternativa disponible dentro de ese conjunto.

3) A fin de tomar en cuenta el efecto de variaciones interpersonales y factores no observados, se hace la hipótesis de que la función de utilidad individual se distribuye aleatoriamente sobre la población. Esta asunción deriva del desconocimiento que tiene el investigador de cuáles son todos los elementos que cada individuo considera a la hora de realizar su elección. Por tanto, la función de utilidad tendrá dos partes diferenciadas:

- una parte medible y sistemática (V_{ij}) que es función de las características y atributos medibles.
- una parte aleatoria (ε_{ij}) que recoge la idiosincrasia y gustos particulares de cada individuo, además de errores de medición y observación por parte del modelador.

Este comportamiento aleatorio permite explicar las aparentes irracionalidades, señaladas anteriormente, de individuos "iguales" que hacen elecciones distintas, así como de elecciones subóptimas -desde el punto de vista de los atributos considerados en la función de utilidad-.

4) La probabilidad de que un individuo seleccione cualquier alternativa es igual a la probabilidad de que la utilidad derivada de esa alternativa supere a la utilidad derivada de cualquier otra alternativa.

Esta aproximación de la utilidad aleatoria, formalizada por Manski (1977) está más en línea con la teoría del consumidor. Las inconsistencias observadas en las elecciones del individuo se consideran que derivan de las deficiencias por parte del analista cuando realiza la observación de

la elección hecha por el individuo. Por tanto se asume que el agente siempre seleccionará la alternativa que tenga el nivel de utilidad más alto. Sin embargo, las utilidades no son conocidas por el investigador con total certeza y de esta forma son tratadas como variables aleatorias. Desde esta perspectiva la probabilidad de elección de la alternativa i es igual a la probabilidad de que la utilidad de la alternativa i sea mayor o igual que las utilidades de las otras alternativas.

Manski (1977) identifica cuatro fuentes de aleatoriedad que convierten la función de utilidad en estocástica:

1. Atributos no observados. En este caso el vector de atributos que afecta la elección es incompleto, de esta forma la función de utilidad del individuo n cuando elige la alternativa i será:

$$U_{in} = U(z_{in}, S_n, z_{in}^U) \quad (3.5)$$

Donde z_{in} es un vector de los valores de los atributos de la alternativa i desde el punto de vista del individuo n . S_n es un vector de las características del individuo n . El último elemento de la función de utilidad es una variable aleatoria y en consecuencia convierte a la función de utilidad en aleatoria en sí misma.

2. Variaciones en los gustos no observables. En este caso la función de utilidad contiene un argumento S_n^U , no observable, que varía entre los individuos y en la medida en que la variación de ese argumento no se conoce, la función de utilidad es aleatoria o probabilística.

$$U_{in} = U(z_{in}, S_n, S_n^U) \quad (3.6)$$

3. Errores en las medidas. En este caso se considera que la verdadera función de utilidad es

$$U_{in} = U(z_{in}, S_n) \quad (3.7)$$

el investigador únicamente observa z_{in} que es una medida imperfecta de los atributos de la alternativa i . Esto es:

$$z_{in} = z_{in} + \varepsilon_{in} \quad (3.8)$$

Así la función de utilidad incluiría un elemento aleatorio

4. Variables instrumentales. Este caso de nuevo supone que hay atributos que no son observables

$$U_{in} = U(z_{in} + \varepsilon_{in}, S_n) \quad (3.9)$$

y que además se intentan introducir en el modelo mediante variables instrumentales que suponen una aproximación de los mismos y que por lo tanto hacen necesario introducir un componente aleatorio en la función de utilidad.

Las dos interpretaciones más importantes o principales del modelo de utilidad aleatoria son: la que deriva del trabajo de Thurstone (1927, 1945) y la adoptada por los economistas para la formulación econométrica de los modelos de elección discreta cuyos fundamentos estableció McFadden (1974), la cual resulta ser una aproximación más interesante y que es la interpretación que resulta más atractiva para nuestro estudio.

El modelo de Thurstone (1927): El origen de la teoría de la utilidad aleatoria se encuentra en la necesidad de explicar los resultados de experimentos psicológicos que intentan comparar la variabilidad de las respuestas de los individuos ante los mismos estímulos. Para tener en cuenta esta variabilidad Thurstone (1927) propone un modelo basado en las siguientes ideas:

- Un estímulo dado provoca una sensación o estado psicológico que es la realización de una variable aleatoria.
- La respuesta que un individuo tiene ante dos estímulos diferentes es la comparación de la realización de dos variables aleatorias que representan la sensación provocada por el estímulo.

Thurstone (1945) propone una Teoría de la elección que le convierte en el fundador de la moderna teoría de la utilidad aleatoria. Aunque Thurstone originalmente concibe el modelo de utilidad aleatoria como la asignación de una variable aleatoria que mide la utilidad de cada alternativa, Block y Marschak (1960) muestran más tarde que esta aproximación es formalmente equivalente a asignar unas preferencias aleatorias a un conjunto de alternativas.

Actualmente la teoría de Thurstone se interpreta considerando que las utilidades varían continuamente y que el proceso de decisión consiste en un norma de decisión fija que lleva a elegir la alternativa que en ese momento tiene el valor de la utilidad más alto.

Para enlazar esta aproximación con la Teoría Económica, se puede pensar en un individuo compuesto por varios tipos de "homo economicus", cada uno de los cuales obedece a la teoría

neoclásica. Dependiendo del estado de la mente del individuo, un particular homo economicus es seleccionado, y el individuo se comporta racionalmente de acuerdo a la correspondiente utilidad determinística. Bajo esta aproximación los valores de las alternativas en el conjunto A son considerados como variables aleatorias que el individuo compara para determinar su decisión.

El modelo de McFadden (1974, 1981). La interpretación económica que deriva de los fundamentos establecidos por McFadden lleva a aproximaciones econométricas conceptualmente muy diferentes, ya que se considera que una población de individuos se enfrenta al mismo conjunto de alternativas y lo que se pretende es determinar la fracción de dicha población que elige una determinada alternativa. Esta población puede ser dividida en grupos tales que cada uno es homogéneo con respecto a ciertas variables socioeconómicas. Se supone que cada individuo tiene una función de utilidad determinística definida sobre el conjunto de alternativas A.

Sin embargo, tal y como se señalaba anteriormente, el investigador solo puede observar, de manera imperfecta, las características que influyen en la elección y tiene un conocimiento imperfecto de la función de utilidad. Por tanto la función de utilidad se descompone en dos partes; una que es medible y observable y otra parte que es desconocida.

Según este enfoque, aunque el comportamiento individual sea determinístico el modelizador está incapacitado para predecir exactamente la elección del individuo ya que hay una parte de la función de utilidad que no se observa. La parte aleatoria surge de la falta de información del investigador y realmente la norma de decisión y la función de utilidad son determinísticas.

El individuo se comporta como un consumidor racional y la única diferencia entre la teoría de elección discreta y la teoría del consumidor será que en vez de trabajar con funciones de demanda derivadas, nosotros trabajaremos directamente con funciones de utilidad. Por tanto, desde el punto de vista de la Teoría Económica, se puede considerar que los modelos de elección discreta se enmarcan dentro del análisis microeconómico de comportamiento individual cuyos fundamentos estableció McFadden (1974, 1981, que serán desarrollados en un epígrafe posterior.

La función de utilidad con la que se trabaja es una función de utilidad indirecta, que depende de la alternativa j así como de las variables que entran en las restricciones presupuestarias consideradas en el problema de maximización. Para un individuo i y para cada alternativa j

podemos representarla como

$$U_{ij}(X) = V_{ij}(X^*) + \varepsilon_{ij} \quad (3.10)$$

donde X^* recoge precios, renta y las características relevantes de las alternativas y de los individuos⁷. V_{ij} representa la utilidad común a todos los individuos -común en su estructura, no en sus valores- y ε_{ij} es una variable aleatoria, con una función de probabilidad dada que representa las variaciones de cada individuo con respecto al promedio - y que cumple, en esta interpretación del modelo, la misma función que la variable umbral que se ha presentado en el epígrafe anterior-

La maximización de la utilidad sobre las alternativas supone, por tanto, que el individuo i elegirá la alternativa j siempre que $U_{ij} \geq U_{ik} \forall k \neq j$ con lo que

⁷ Cuando las alternativas con las que se enfrenta el individuo son los distintos medios de transporte, las variables explicativas más importantes suelen clasificarse en variables socioeconómicas y variables de niveles de servicio:

Variables socioeconómicas:

- El ingreso personal, que a veces se utiliza como proxy de la cualificación o de la profesión, y que puede influir a la hora de elegir entre los medios más caros y cómodos o por el contrario baratos y menos cómodos. Esta variable ha sido objeto de controversia tal y como se analizará en la parte final de este capítulo.
- La edad, que puede recoger cambios en los gustos y hábitos de comportamiento del agente.
- La residencia habitual que permite fijar la proximidad o lejanía a una determinada terminal y por tanto también puede influir en la elección que hace el agente.
- El sexo que intenta recoger un efecto diferenciado en la demanda de transporte en función del sexo del pasajero.

Variables de niveles de servicio:

- Tiempo del viaje, esta variable se suele dividir en el tiempo que se está realmente viajando, el tiempo de espera, de acceso a la terminal o punto de salida, tiempo a pie, etc. Esta distinción es importante en la medida en que el agente percibe de forma diferente cada uno de estos empleos de tiempo.
- El coste del transporte, que se puede descomponer en dos componentes que son el precio efectivamente pagado por el billete (coste desembolsado) y los costes necesario para llegar a la terminal. Esto supone que se pueden evaluar de distinta forma por parte del usuario los costes que no suponen un desembolso físico de dinero.
- Variables relativas a la calidad e imagen de los distintos medios, se trata de la comodidad, reputación, seguridad, políticas de marketing, etc; en general, son variables más subjetivas.

$$Pr(i, j) = P_{ij} = Pr(U_{ij} > U_{ik}) \quad (3.11)$$

$$= Pr(\varepsilon_{ik} - \varepsilon_{ij} \leq V_{ij} - V_{ik})$$

$$= F(V_{ij} - V_{ik}) = F[H(X^*, \theta)]$$

donde F representa la función de distribución de $(\varepsilon_{ik} - \varepsilon_{ij})$ y H representa la forma funcional de la relación $(V_{ij} - V_{ik})$, donde tal y como se señaló anteriormente la función de utilidad (V) depende de las características de los individuos y de los atributos de las alternativas (X^*) . A efectos de estimación es frecuente elegir como forma funcional de la relación H, la lineal. En el caso binario se expresa:

$$U_{ij} = \beta_j X_i + \alpha Z_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (3.12)$$

$$U_{ik} = \beta_k X_i + \alpha Z_{ik} + \varepsilon_{ik}$$

especificación en la que han separado las variables socioeconómicas de los atributos de las alternativas de forma que los X_i son las variables que corresponden a las características de los individuos y Z_{ij} son aquellas que toman distintos valores según la alternativa considerada (atributos de las mismas).

El individuo i escoge la alternativa j ($Y_i=j$) si $U_{ij} > U_{ik}$, es decir:

$$Y_i = j \quad si \quad X_i' \beta + (Z_{ij} - Z_{ik})' \alpha + \varepsilon_i > 0 \quad (3.13)$$

$Y_i = 0$ en caso contrario

donde $\beta = (\beta_j - \beta_k)$ y $\varepsilon_i = (\varepsilon_{ij} - \varepsilon_{ik})$

De acuerdo con este planteamiento la elección de una determinada alternativa respecto a las variables asociadas a cada una de ellas (Z_{ij}) no depende de sus valores absolutos sino de su diferencia.

Por otro lado es preciso especificar la función de probabilidad del modelo (F) que se presentó en la ecuación (3.11)

$$Pr(Y_i = j) = F(\theta' X^*) \quad (3.14)$$

donde θ' es el valor estandarizado de los coeficientes a estimar, que incluye los coeficientes β y α , y X^* es la matriz de variables explicativas, que incorpora tanto los atributos de las alternativas como las características socioeconómicas de cada individuo.

La forma funcional que se adopte dará lugar a distintos modelos tal y como veremos en el siguiente epígrafe.

3.3.- ESTIMACIÓN DE MODELOS DE ELECCIÓN DISCRETA: DISTINTAS FORMULACIONES ECONÓMICAS.

3.3.1.- Forma Funcional de la Función Probabilística.

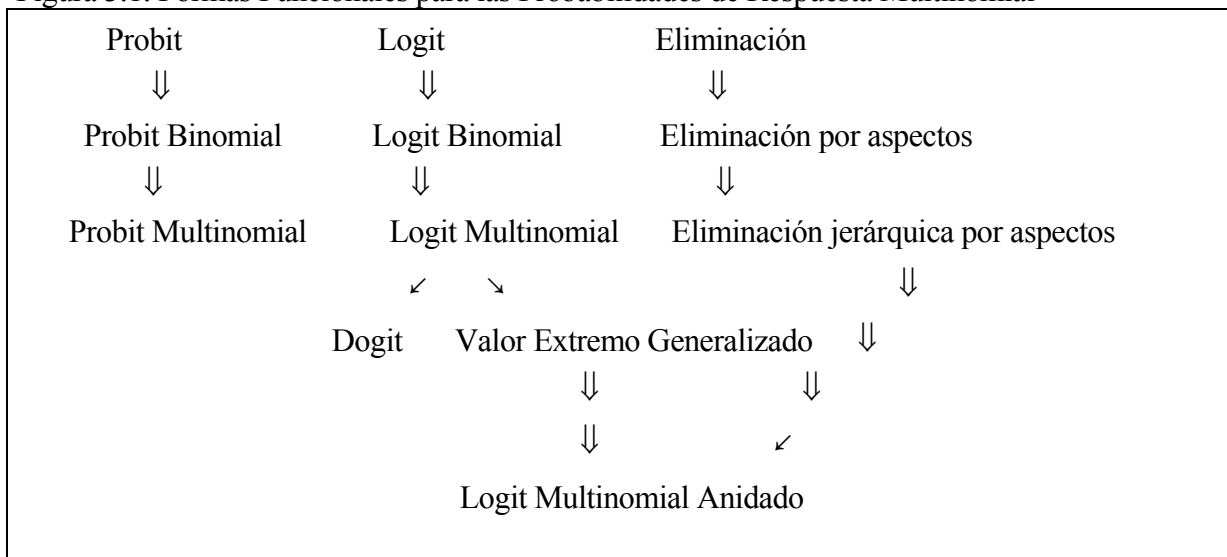
Los modelos de elección discreta no pueden ser estimados usando las técnicas habituales, tales como los mínimos cuadrados, ya que la variable dependiente es una probabilidad no observada -entre cero y uno- y las observaciones son elecciones individuales -que son cero o uno⁸-; la única excepción son los modelos de grupos homogéneos de individuos, o cuando el comportamiento de cada individuo es recogido en varias ocasiones.

En orden a predecir si una alternativa será elegida, de acuerdo al modelo, el valor de su utilidad debe ser contrastado con respecto al de las otras opciones y transformado en valores de probabilidad entre cero y uno. Para esto existen una variedad de transformaciones matemáticas que se caracterizan, la mayoría de ellas, por tener una gráfica en forma de S y que dan lugar a distintos modelos.

⁸ Para un análisis de los temas más sobresalientes en la literatura de variables dependientes limitadas véase Phoebus (1986), Greene (1991). Así como para una interesante revisión de los modelos de respuesta cualitativa ver Amemiya (1981).

Las inconsistencias observadas en los procesos de decisión -que han sido ya comentadas- han llevado a plantear tres familias de modelos de elección probabilística, tal y como se señala en McFadden (1988, 1981) y que se muestran en la figura 3.1. Se trata de los modelos logit -también llamados constant-utility models- basados en el trabajo de Luce (1959), los modelos probit -también llamados random-utility o discriminable-dispersion models- basados en el trabajo de Thurstone (1927), y los modelos de eliminación basados en el trabajo de Tversky (1972). A continuación, introduciremos algunos de estos modelos que serán aplicados posteriormente en las estimaciones empíricas, dejando de lado los modelos de eliminación, en los cuales se ve la elección como un proceso en el que las alternativas son seleccionadas a partir del conjunto de elección, utilizando diversos criterios, hasta que quede una única opción⁹.

Figura 3.1. Formas Funcionales para las Probabilidades de Respuesta Multinomial



3.3.1.1- El Modelo de Probabilidad Lineal.

Antes de desarrollar los modelos logit y probit, ampliamente utilizados y que resultan más interesantes en este estudio, se presenta el modelo de probabilidad lineal, que tal y como veremos muestra una serie de limitaciones importantes que han hecho que pierda importancia de cara a aplicaciones empíricas aunque ha sido muy empleado.

⁹ Para un desarrollo de estos modelos así como de los del resto de los modelos que derivan del esquema anteriormente señalado (Fig:3.1), véase (McFadden, 1981 (pp 218-269))

Este modelo surge de aplicar los métodos usuales de regresión, planteando una regresión lineal de la forma:

$$Y_i = \beta \cdot x_i + \varepsilon_i \quad (3.15)$$

Donde Y_i en el caso binario solo toma dos valores (0,1) y ε_i es una variable aleatoria que se distribuye independientemente con media cero ($E\varepsilon_i=0$).

La interpretación de este modelo en términos de probabilidad establece que si P_i es la probabilidad de que Y_i sea igual a 1 y $(1-P_i)$ es la probabilidad de que $Y_i=0$, entonces la esperanza condicionada se interpreta como la probabilidad de que un individuo elija la alternativa 1 dado unos valores de las x_i . Esto es:

$$E[Y_i / x_i] = 1 \cdot P_i + 0 \cdot (1 - P_i) = P_i = \beta \cdot x_i \quad (3.16)$$

Formalmente el modelo se escribe:

$$P_i = \begin{cases} \alpha + \beta \cdot x_i & \text{si } 0 < \alpha + \beta x_i < 1 \\ 1 & \text{si } \alpha + \beta x_i \geq 1 \\ 0 & \text{si } \alpha + \beta x_i \leq 0 \end{cases} \quad (3.17)$$

El valor estimado de Y_i nos da la probabilidad estimada para cada nivel de x_i . Donde se puede observar que dichas probabilidades estimadas pueden caer fuera del intervalo (0,1). Además la estimación de la ecuación (3.15) lleva a problemas de heterocedasticidad, dado que si Y_i sólo toma el valor 0 y 1, los residuos sólo podrán tomar dos valores: $1-(\alpha+\beta x_i)$ y $-(\alpha+\beta x_i)$ con probabilidades P_i y $(1-P_i)$ respectivamente, en cuyo caso la varianza de las perturbaciones no es constante y los estimadores de los parámetros, por mínimos cuadrados ordinarios, no son eficientes.

La solución obvia a este problema es emplear el método de los mínimos cuadrados ponderados. No obstante, este procedimiento sigue presentando problemas (véase Maddala, 1983, pag16) de entre los cuales la crítica más importante radica en la formulación del modelo, el hecho de que $E[Y_i/x_i]$ se interprete como la probabilidad de que un determinado suceso ocurra presenta la

limitación de que puede tomar valores fuera del intervalo (0,1). Incluso si se restringe al intervalo unitario, como se especifica en el modelo (3.17), no hay ninguna garantía de que las probabilidades estimadas no caigan fuera de ese intervalo.

La solución al problema está en restringir las probabilidades estimadas al intervalo (0,1), lo cual se hace reestimando de nuevo los parámetros sujetos a esta restricción y constituye un problema de estimación no-lineal. Sin embargo, aunque este procedimiento proporciona estimaciones de los parámetros con varianzas más bajas que las del modelo sin restricciones, no existe seguridad de que los estimadores correspondientes sean insesgados (Domenich y McFadden, 1975, cap.5)

3.3.1.2.- Modelos Logit y Probit Binarios.

Los métodos de estimación más extendidos son los análisis **logit** y **probit** de elección entre dos alternativas (j,k) que relacionan la elección hecha con las características de las alternativas y de los individuos.

El logit binario surge de considerar que la diferencia de los elementos aleatorios de las funciones de utilidad se distribuye según la función logística, la función de densidad será

$$f(\varepsilon) = \frac{\mu e^{-\mu\varepsilon_i}}{(1 + e^{-\mu\varepsilon_i})^2} \quad (3.18)$$

μ es un parámetro de dispersión relacionado con la desviación típica (σ) mediante la expresión:

$$\mu = \frac{\pi}{\sigma\sqrt{6}} \quad (3.19)$$

Y donde

$$\varepsilon_i = \varepsilon_{ij} - \varepsilon_{ik} \quad (3.20)$$

El supuesto de que ε_i se distribuye según una función logística es lo mismo que considerar que cada uno de los ε son independiente e idénticamente distribuida Gumbel, con media cero y varianza σ^2 .

La probabilidad de que el individuo i elija la alternativa j viene dada por una función de distribución F tal y como se determinaba en la ecuación (3.11). De forma que si se considera que esa función es la logística la especificación de la probabilidad queda:

$$\begin{aligned}
 P_{ij} &= Pr(U_{ij} \geq U_{ik}) & (3.21) \\
 &= \frac{1}{1 + e^{-\mu(V_{ij} - V_{ik})}} \\
 &= \frac{e^{\mu V_{ij}}}{e^{\mu V_{ij}} + e^{\mu V_{ik}}}
 \end{aligned}$$

En el caso en el que la utilidad es lineal en parámetros es imposible distinguir el valor de μ y el de los parámetros de la función de utilidad. Por lo que por conveniencia se asumirá que el valor de μ es 1. Siendo por tanto la expresión que queda:

$$Pr(Y_i = j) = P_{ij} = \frac{e^{\theta' X^*}}{1 + e^{\theta' X^*}} \quad (3.22)$$

donde θ son los parámetros de la función de utilidad y x^* recoge las variables del individuo así como los atributos de las alternativas.

El utilizar funciones de utilidad lineales en los parámetros tiene la ventaja de asegurar que la función de verosimilitud de un modelo logit simple como el especificado anteriormente tiene un máximo y además éste es único (Domencich y McFadden, 1975).

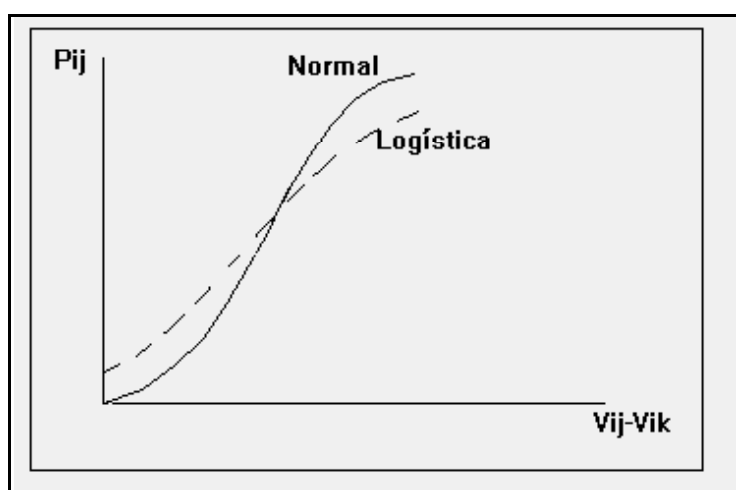
Por su parte, el probit binario supone que las perturbaciones se consideran como la suma de un gran número de componentes independientes que no son observables. En este caso se considera que los componentes aleatorios de la función de utilidad se distribuyen Normal bivalente, por lo que la diferencia de los elementos aleatorios también se distribuirá Normal con media cero y varianza σ^2 .

De forma que la probabilidad de que el individuo i elija la alternativa j es:

$$P_{ij} = \Phi\left(\frac{(V_{ij} - V_{ik})}{\sigma}\right) \quad (3.23)$$

Donde Φ representa la distribución normal estandarizada. La función de distribución normal acumulativa es muy similar a la función de distribución logística, siendo la única diferencia que la función logística tiene colas más planas como puede apreciarse en el gráfico 3.1. Por lo que a no ser que se tenga muestras muy grandes (con bastantes observaciones en las colas) los modelos logit y probit deben conducir a resultados muy similares, siendo las probabilidades estimadas para ambos modelos también similares. No obstante, las estimaciones de los parámetros de la función de utilidad no son directamente comparables entre modelos (véase Maddala, 1983, pag 23).

Gráfico 3.1: Comparación entre la función de distribución logística y normal acumulativa.



Dado que la distribución logística tiene una variación de $\pi^2/3$, si queremos comparar las estimaciones de los parámetros derivadas del modelo logit con las estimaciones del modelo probit (una vez normalizado, tal que $\sigma=1$), debemos multiplicar las primeras por $3^{1/2}/\pi$.

Amemiya (1981) sugirió multiplicar las estimaciones del logit por $1/1,6=0,625$ en vez de $3^{1/2}/\pi$, argumentando que esta transformación produce una mayor aproximación entre la distribución logística y la distribución normal estándar. Asimismo, también sugirió una relación para comparar los coeficientes de los modelos logit y el de probabilidad lineal. Sin embargo, el propio Amemiya (1981) señala que en general lo mejor, cuando se quieren comparar modelos con funciones de probabilidad diferentes, es comparar directamente las probabilidades en vez de los estimadores de los coeficientes, aún cuando se haya llevado a cabo una conversión apropiada.

3.3.1.3.- El modelo logit simple o multinomial. (MNL).

La estimación de modelos donde el individuo se enfrenta a un conjunto de alternativas superior a dos, donde éstas no están ordenadas, es una generalización de la metodología aplicada en los modelos de elección binaria.

Sin duda, el modelo más utilizado es el **Logit Simple (MNL)** que se genera a partir de funciones de utilidad independientes e idénticamente distribuidas con función de densidad Gumbel y que presenta una matriz de varianzas-covarianzas diagonal. La razón más importante de esta popularidad deriva de su estructura analítica muy sencilla.

El principal supuesto del modelo logit es que los términos aleatorios de la función de utilidad son independientes e idénticamente distribuidos (IID), lo cual implica que los individuos con las mismas características observables tienen gustos idénticos y que cualquier efecto derivado de las características no observables de los individuos o las alternativas no están correlacionados a través de los individuos ni de las alternativas.

McFadden (1974) ha demostrado que las correspondientes probabilidades de un modelo multinomial con términos de error que siguen esa distribución son:

$$P_{ij} = \frac{\exp(V_{ij})}{\sum_{j=1}^J \exp(V_{ij})} \quad (3.24)$$

que es la forma general de la función de distribución logística y expresa la probabilidad de que un individuo i escoja la alternativa j . Así, si por ejemplo se consideran tres alternativas -denotadas por 1, 2 y 3-, esta probabilidad también puede expresarse en forma de comparaciones binarias tal y como se hacía en el logit binomial, expresando la probabilidad de elegir la alternativa 1 como:

$$P_{i1} = \frac{1}{1 + e^{V_{i2}-V_{i1}} + e^{V_{i3}-V_{i1}}} \quad (3.25)$$

Normalmente se considera que las funciones de utilidad son lineales en los parámetros, en cuyo caso vendrían dadas por una expresión como la que sigue:

$$V_{ij} = \sum_l \theta_{jl} X_{ijl} \quad (3.26)$$

En este caso se supone que los parámetros θ son constantes para todos los individuos, aún cuando pueden variar entre alternativas, donde l refleja el número de atributos que entran en la función de utilidad de cada alternativa.

Además para una opción cualquiera j , existe un X_{ijl} que toma el valor uno para todos los individuos que tienen disponible esa alternativa; el coeficiente θ_{jl} correspondiente a esa variable se interpreta como "constante modal específica" de la alternativa en cuestión, en este caso de j .

Dado que el modelo funciona en base a diferencias, no es posible especificar una constante para cada alternativa. Por el contrario, lo que se hace es fijar una de las constantes como referencia - igual a cero, sin pérdida de generalidad- y las restantes se obtienen de la estimación, por lo que su valor es relativo al que toma la constante de referencia.

El resto de variables que entran en la función de utilidad pueden ser especificadas de dos formas distintas, dando lugar a dos tipos de variables:

- genéricas: cuando aparecen en la función de utilidad de todas las alternativas con un único coeficiente, de ahí que se pueda reemplazar θ_{jl} por θ_l .
- específicas: si son variables que aparecen en la función de utilidad de una determinada alternativa o se introducen con coeficientes diferentes en cada una de ellas.

El caso más general es cuando sólo hay variables específicas, ya que las genéricas imponen una condición de igualdad de los coeficientes que se puede probar estadísticamente, tal y como veremos posteriormente.

Para estimar los parámetros de la función de utilidad en el modelo logit multinomial se utiliza, en la mayoría de los casos, el método de máxima verosimilitud (veáse Ortúzar, 1982) y se usa información acerca de preferencias reveladas o declaradas por los usuarios¹⁰. El método de

¹⁰ Las preferencias reveladas se refieren a información acerca de la observación del comportamiento real de los individuos, esto es, el medio de transporte utilizado, el tiempo de viaje medido entre un par origen-destino, la tarifa

máxima verosimilitud se basa en la idea de que aunque un ejemplo podría ser originado a partir de muchas poblaciones, existe una probabilidad mayor de que haya sido extraído de una determinada población antes que de otra.

De esta forma el método de máxima verosimilitud estima el conjunto de parámetros que con mayor probabilidad generará el ejemplo objeto de estudio. Para una muestra aleatoria de tamaño N la función de verosimilitud se puede expresar como el producto de las probabilidades de elección asociadas con M subconjuntos de observaciones, en el que el primer subconjunto incluye N_1 individuos que han elegido la alternativa 1, el próximo subconjunto contiene N_2 individuos que han elegido la alternativa 2, etc, donde todas las observaciones son independientes:

$$L(\theta) = \prod_{i=1}^{N_1} P_{i1} \prod_{i=N_1+1}^{N_1+N_2} P_{i2} \dots \prod_{i=N_1+N_2+\dots+N_{M-1}+1}^{N_1+N_2+\dots+N_M} P_{iM} \quad (3.27)$$

Esta expresión puede ser simplificada definiendo una variable dummy d_{ij} que tome el valor 1 cuando el individuo i elige la alternativa j -que pertenece al conjunto de alternativas que tiene disponible (C_i)- y cero en el resto de casos.

$$L(\theta) = \prod_{i=1}^N \prod_{j \in C_i} P_{ij}^{d_{ij}} \quad (3.28)$$

Para simplificar dicha expresión se aplica logaritmos sin que se alteren los resultados de la maximización, ya que éste coincide para una función dada y el logaritmo de la misma.

$$\ln L = l(\theta) = \sum_{i=1}^N \sum_{j \in C_i} d_{ij} \ln P_{ij} \quad (3.29)$$

Al maximizar $l(\theta)$ se obtiene un conjunto de parámetros estimados que se distribuyen asintóticamente Normal con media el valor real de dichos parámetros y varianza la matriz de las

pagada, etc.

Por su parte, las preferencias declaradas o establecidas consisten en obtener respuestas de los individuos frente a cómo actuarían en determinadas situaciones de elección hipotéticas.

Asimismo existe la posibilidad de trabajar con datos mixtos, esto es, con información referida a preferencias reveladas y establecidas.

segundas derivadas de la función de verosimilitud, esto es:

$$\hat{\theta} \text{ distribuye Normal } (\theta, V) \quad (3.30)$$

$$V = -E\left(\frac{\partial^2 l(\theta)}{\partial \theta^2}\right)^{-1}$$

Además, se cumple que el logaritmo de la función de verosimilitud multiplicado por menos dos $(-2l(\theta))$ se distribuye asintóticamente χ^2 con N (número de individuos en la muestra) grados de libertad, lo que implica que aún cuando los estimadores θ puedan ser sesgados en muestras chicas, el sesgo es pequeño para muestras suficientemente grandes -en general de 500 a 1000 observaciones-.

Aunque se dispone de una expresión explícita para la matriz de varianza-covarianza de los parámetros, V, la determinación de los estimadores es un proceso iterativo.

Se puede probar que:

$$\frac{\partial l(\theta)}{\partial \theta_l} = \sum_{i=1}^N \sum_{j \in C_i} (d_{ij} - P_{ij}(\theta)) X_{ijl} = 0 \quad (3.31)$$

Esta expresión permite deducir que si el conjunto de variables incluye una constante específica X_{ijl} que vale uno para $j=a$, para todo i , y cero en otros casos, se tiene que:

$$\sum_{n=1}^N d_{an} = \sum_{n=1}^N P_{an}(\theta) \quad (3.32)$$

Lo que muestra que cuando hay un conjunto completo de constantes específicas la suma de las probabilidades para una alternativa dada es igual al total de observaciones que la eligieron. Se trata, por tanto, de un modelo que reproduce las proporciones de mercado observadas. Además, no es posible comparar las probabilidades individuales con los valores de d_{ij} que son 0 ó 1 en función de que la alternativa haya sido o no elegida, esto se debe a que sólo se conocen las elecciones hechas por los individuos y hace que no sea posible utilizar una medida de bondad de ajuste como el R^2 de la regresión lineal que recoja cuál es el porcentaje de la variación total que explica la regresión.

Este modelo que acabamos de exponer, descansa sobre un supuesto muy restrictivo de "independencia entre alternativas irrelevantes", que establece que la probabilidad de elegir una alternativa determinada no se ve afectada por la presencia de alternativas adicionales. Debido a este problema, cuando dos o más alternativas son altamente sustitutivas, el modelo logit puede producir resultados poco razonables.

La propiedad de independencia de alternativas irrelevantes se debe a que este modelo se basa en comparaciones binarias entre alternativas, de ahí que la existencia o no de una nueva alternativa no afecte a la relación existente entre dos alternativas cualesquiera (Luces y Suppes, 1965).

Como se puede observar en la siguiente expresión, la relación de probabilidades de dos alternativas cualesquiera (j,k) es constante e independiente del resto de alternativas

$$\frac{P_j}{P_k} = \exp[\mu(V_j - V_k)] \quad (3.33)$$

El significado de esta propiedad se suele estudiar acudiendo al ejemplo de Mayberry (1973) del autobús rojo y autobús azul, donde se considera que inicialmente la elección que hace el individuo es entre viajar en coche o en un autobús rojo, permitiendo que posteriormente pueda acceder a una nueva alternativa que es el autobús azul y que tiene los mismos atributos que el anterior autobús y solo se diferencia en el color. Con la introducción de esta nueva alternativa cabe esperar que la probabilidad de viajar en coche se vea poco alterada y que por el contrario las probabilidades de viajar en los distintos autobuses sean muy similares. Sin embargo, el modelo logit considera que la nueva alternativa va a afectar por igual a las que ya existían; en estas condiciones asigna mayor probabilidad a las alternativas que no son independientes (autobús rojo y autobús azul).

Por lo tanto, esta propiedad introduce una serie de limitaciones en la medida en que es muy difícil considerar que, en el modelo de utilidad aleatoria, alternativas con atributos similares no tengan correlacionados los términos aleatorios de la utilidad derivada de cada una de ellas. Además, el modelo supone que todas las alternativas tienen igual varianza y no recoge el caso de variaciones en los gustos de la población -se supone que todos los individuos tienen igual percepción de los atributos de cada alternativa-.

El modelo logit multinomial ha sido el más utilizado para evaluar la sensibilidad de elección de una alternativa específica ante cambios en algunos de sus atributos, es decir para derivar

elasticidades. Así este modelo permite calcular las elasticidades para variaciones infinitesimales como una suma ponderada de las elasticidades individuales. Para ello se hace el siguiente planteamiento:

Consideremos individuos del "tipo" i que tienen características s^i y se enfrenta a las alternativas denominadas desde $1, \dots, J_i$ con atributos x^{ji} . Supongamos que la probabilidad P_j^i de que individuos de este tipo elija la alternativa j está dado por un modelo logit multinomial

$$P_j^i = \frac{e^{\theta' z^{ji}}}{\sum_{l=1}^{J_i} e^{\theta' z^{li}}} \quad (3.34)$$

donde z es el vector de característica del individuo y de los medios de transporte, θ es el vector de los parámetros estimados. Con N_i individuos en la población de tipo i , la demanda esperada para la alternativa j por este grupo de individuos es $N_i P_j^i$. El cambio en esta demanda causado por un cambio unitario en el valor del componente k del vector de variables independientes para la alternativa j es, diferenciando

$$\frac{\partial(N_i P_j^i)}{\partial z_k^{ji}} = \theta_k N_i P_j^i (1 - P_j^i) \quad (3.35)$$

Igualmente, el cambio en esta demanda causado por un cambio unitario en el componente k del vector de variables independientes para una alternativa l distinta de j es:

$$\frac{\partial(N_i P_j^i)}{\partial z_k^{li}} = -\theta_k N_i P_j^i P_l^i, l \neq j \quad (3.36)$$

Convirtiendo estas expresiones en elasticidades, obtenemos el primer tipo de elasticidad i de demanda para la alternativa j respecto a un cambio en alguna variable de esta alternativa z_k^{ij}

$$E_{j,k}^i(j,k) \equiv \frac{z_k^{ji}}{N_i P_j^i} \frac{\partial(N_i P_j^i)}{\partial z_k^{ji}} = \theta_k z_k^{ji} (1 - P_j^i) \quad (3.37)$$

También se puede obtener la elasticidad cruzada de la demanda de tipo i para la alternativa j ante

un cambio en el componente k del vector de variables de la alternativa l

$$E_j^i(l,k) \equiv \frac{z_k^{li}}{N_i P_j^i} \frac{\partial(N_i P_j^i)}{\partial z_k^{li}} = -\theta_k z_k^{li} P_l^i \quad (3.38)$$

que indica cuál es el cambio porcentual en la probabilidad de elegir la alternativa j respecto a un cambio marginal en el valor del atributo k-ésimo de la utilidad de la alternativa l. Nótese que este valor es independiente de la alternativa j; por lo tanto, las elasticidades cruzadas de cualquier alternativa respecto al atributo específico (k) de la alternativa l, son iguales. Este resultado se debe también a la propiedad de independencia de alternativas irrelevantes, o al requerimiento de funciones de utilidad independientes utilizado para generar el modelo.

Estas elasticidades individuales se pueden comparar con las de la demanda agregada para toda la población

$$D_j = \sum_i N_i P_j^i \quad (3.39)$$

Donde el índice i abarca todos los tipos de población que tienen la alternativa j disponible. Entonces un cambio porcentual uniforme en el componente k del vector de variables z para cada tipo de individuos i se puede expresar considerando que el valor final de esa variable es igual al inicial multiplicado por un escalar t. Entonces la elasticidad de la demanda de mercado respecto a un cambio porcentual se define como la elasticidad con respecto a t, evaluada en t=1. Usando esta definición, la elasticidad de mercado para la alternativa j con respecto a un incremento de un uno por ciento en alguna variable de la propia alternativa j es

$$E_j(j,k) = \sum_i w_i E_j^i(j,k) \quad (3.40)$$

$$\text{donde } w_i = \frac{N_i P_j^i}{\sum_l N_l P_l^j}$$

Esta es una ponderación que da la proporción del total de la demanda de la alternativa j que se origina por los individuos de tipo i. Similarmente la elasticidad cruzada de la demanda de la alternativa j con respecto a un cambio en el componente k del vector de variables de la

alternativa l será

$$E_j(l,k) = \sum_i w_i E_j^i(l,k) \quad (3.41)$$

Cuando se producen cambios discretos en las variables explicativas las elasticidades calculadas son elasticidades arco de la forma:

$$E = \frac{(\sum P_i^* / X_i^* = X_i + \delta_i) - \sum (P_i / X_i = X_i)}{\frac{\sum \delta_i}{\sum X_i}} \quad (3.42)$$

Donde la demanda agregada, en el modelo probabilístico, se aproxima como $\sum P_i$, X_i representa las características de los medios de transporte respecto a los que se calculan las elasticidades y δ_i la variación que se le ha aplicado a la variable X_i .

Estas elasticidades, así calculadas, recogen el efecto de un cambio en la oferta de transporte sobre la probabilidad de elegir una alternativa determinada. Donde se supone que el número de viajes y los destinos son fijos y no se permite ni generación ni pérdidas de viajes. Estas consideraciones son factibles, mayormente, para los viajes por motivos de trabajo.

3.3.1.4.- El logit jerárquico. (Nested Logit).

Cuando el número de alternativas es superior a dos y se dan problemas de dependencia entre ellas, existe la opción de usar el denominado logit jerárquico¹¹ ("hierarchical o nested-logit"), que introduce Williams (1977) y Daly y Zachary (1978). Fueron los problemas teóricos del MNL y las dificultades prácticas del Probit Multinomial (MNP) -que presentaremos en el siguiente epígrafe- los que llevaron a que se ampliara el uso de este tipo de modelos.

McFadden (1978) desarrolló una clase de modelos basados en la distribución del valor extremo generalizado (GEV) que pueden evitar el problema de "independencia de alternativas

¹¹ Otros modelos diferentes a este pero que también hacen referencia a una estructura de decisión jerárquica son el modelo de eliminación por aspectos (Tversky, 1972) y los modelos de eliminación jerárquica por aspectos de Tversky y Sattah (1979).

irrelevantes" y que son consistentes con la teoría de la maximización de la utilidad aleatoria. La ventaja de estos modelos es que permiten la existencia de correlación entre los componentes aleatorios de las utilidades, lo cual posibilita que el modelo formalice la elección de un conjunto de alternativas entre las que existe algún grado de sustitución.

Estos modelos del valor extremo generalizado (GEV) permiten un patrón de dependencia entre alternativas bastante amplio. La función de distribución conjunta de los términos de error en estos modelos es:

$$F(\varepsilon) = \exp\{-G(e^{-\varepsilon_1}, \dots, e^{-\varepsilon_N})\} \quad (3.43)$$

donde G es una función no negativa homogénea de grado uno. McFadden (1978; 1981) demuestra que a partir de la anterior ecuación se pueden derivar las probabilidades con la forma:

$$P_i = \exp(V_i) G_i(e^{V_1}, \dots, e^{V_N}) / G(e^{V_1}, \dots, e^{V_N}) \quad (3.44)$$

En la que V_i es la parte determinística de la función de utilidad, G_i es la derivada de G con respecto a $\exp(V_i)$. Se debe hacer notar que el caso especial:

$$G = \sum_{i=1}^N \exp(V_i) \quad (3.45)$$

da como resultado el MNL.

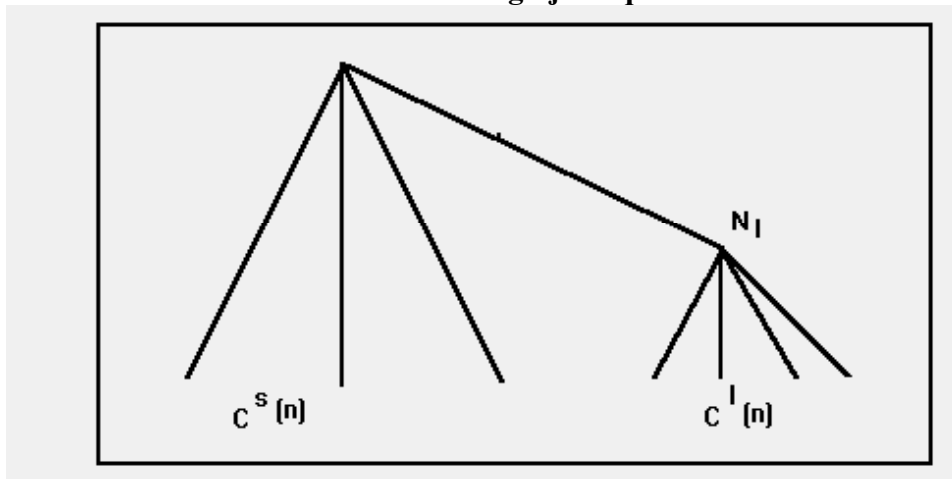
Como caso particular de la familia GEV sobresale el logit anidado o logit jerárquico en el que se acepta que sólo ciertos grupos de alternativas (jerarquías o nidos) están correlacionadas entre sí - dentro de un mismo grupo- pero que no existen correlación entre grupos¹².

¹² El modelo logit jerárquico ha sido el método más utilizado para resolver el problema del axioma de independencia de alternativas irrelevantes (IIA). Sin embargo, existen otras especificaciones alternativas para resolver este mismo problema como son el modelo Dogit propuesto por Gaudry y Dagenais (1979), en el cual se permite que la elección entre determinadas alternativas sea consistente con la independencia de alternativas irrelevantes -como en el modelo logit- y que simultáneamente existan otras alternativas en las cuales la elección no cumple este axioma. Otra aproximación al problema es la dada por Madan (1986) quien plantea problemas de correlación entre las funciones de utilidad obteniendo lo que denomina un modelo logit ponderado ("weighted multinomial logit"). Por otro lado, Wills (1986) introduce un modelo que permite considerar alternativas sustitutivas y complementarias, a la vez que permite que se cumpla el axioma IIA para cualquier par de alternativas sin implicar que en el resto de alternativas se tenga que cumplir.

La estimación del modelo logit jerárquico se basa en los siguientes supuestos:

- a) Su estructura se caracteriza por agrupar a todos los subconjuntos de alternativas "correlacionadas" entre sí (más similares entre ellas), en jerarquías o nidos.
- b) Cada nido es representado, a su vez, por una "alternativa compuesta" frente a las demás que están disponibles en la población (véase gráfico 3.2).

Gráfico 3.2: Estructura del logit jerárquico



- c) La estimación del modelo logit jerárquico se puede realizar utilizando el software disponible para el MNL. Se trata de un proceso secuencial donde primero se estima un MNL para las alternativas consideradas más similares y que pertenecen al subconjunto $C^I(n)$, omitiendo todas aquellas variables que tengan el mismo valor para este subconjunto de opciones y que denominaremos (W). Estas variables deben ser introducidas posteriormente en la jerarquía superior, ya que afectan las elecciones entre N_I -considerada como una alternativa compuesta- y el resto de las alternativas pertenecientes a otro subconjunto $C^S(n)$.

La introducción del nido inferior en la jerarquía superior se hace a través de la alternativa compuesta N_I , a la cual se asocia una utilidad representativa de todo el nido, que tiene dos componentes (ver Sobel,1980 y Ortúzar,1983):

- uno que considera como variable el valor esperado de la utilidad máxima entre las alternativas del nido (EMU), y
- otro que considera el vector W de los atributos comunes a todos los miembros del nido.

EMU tiene la siguiente expresión:

$$EMU = \ln \sum_{C_j \in C^I(i)} \exp(V_j) \quad (3.46)$$

en que V_j es la utilidad de la opción C_j del nido, en la cual no se tiene en cuenta aquellas variables que toman el mismo valor para las alternativas pertenecientes al subconjunto $C^I(n)$.

De esta forma, la utilidad compuesta del nido viene dada por

$$U_i = \phi EMU + \alpha W \quad (3.47)$$

en que ϕ y α son parámetros a estimar.

Una vez realizadas las estimaciones anteriores, en el nivel jerárquico superior se debe estimar otro MNL que incluya la alternativa compuesta y al resto de las alternativas no contenidas en el nido inferior.

En este modelo la probabilidad de que un individuo i escoja la alternativa $C_j \in C^I(i)$ viene dada por el producto de la probabilidad marginal de que éste elija la alternativa compuesta (en el nido superior) y la probabilidad condicional de que elija C_j , en la jerarquía inferior, dado que escogió la alternativa compuesta.

d) En este caso la consistencia interna del modelo requiere que:

$$0 < \phi \leq 1 \quad (3.48)$$

El significado del valor de este parámetro es el siguiente: si ϕ es menor o igual que 0, el aumento de la utilidad de una opción del nido, disminuiría la probabilidad de elegirlo; si $\phi=0$, dicho aumento no alteraría su probabilidad de elección; si $\phi>1$, el aumento de la utilidad de una alternativa del nido no sólo aumentaría su probabilidad de elección, sino que las de todas las alternativas restantes del nido. Finalmente si $\phi=1$ el modelo logit jerárquico es matemáticamente equivalente al MNL.

Los modelos logit jerárquicos pueden tener más de un nivel jerárquico en cuyo caso se debe cumplir que:

$$0 < \phi_1 \leq \phi_2 \leq \dots \leq \phi_s \leq 1 \quad (3.49)$$

donde ϕ_1 corresponde al parámetro del nido más interno y ϕ_s al del nido superior de cada ramo del árbol.

Aunque este modelo resulta más completo que el logit multinomial, tiene algunas limitaciones (véase Ortúzar y Willumsen, 1994):

- Al igual que el MNL no considera variaciones en los gustos, es decir considera que la utilidad marginal de cada una de las variables introducidas es la misma entre los individuos.
- Sólo se consideran tantas interdependencias entre las alternativas como nidos se proponen en la estructura jerárquica. Esto significa que correlaciones cruzadas externas a nidos no son permitidas, de forma que una alternativa sólo puede aparecer en un único nido.
- El conseguir la mejor estructura se puede convertir en un problema combinatorio complejo ya que a medida que aumenta el número de alternativas el número de estructuras posibles crecen con mayor rapidez¹³. Sin embargo, este problema normalmente se reduce considerablemente porque las estructuras jerárquicas razonables no son tantas.
- Por último, se ha observado como la estimación secuencial o recursiva tiene varios problemas potenciales, como pueden ser la transmisión de errores que se dan cuando el número de datos que se utiliza para estimar los nidos inferiores es muy pequeño, produciéndose estimaciones que pueden ser ineficientes en el sentido de información omitida en el nivel inferior y que se transmitirá a niveles superiores de la estructura jerárquica (véase Ortúzar et al, 1987).

Sin embargo, hoy en día existen importantes paquetes informáticos (Daly, 1987) que estiman modelos logit jerárquico sin necesidad de llevar a cabo una estimación secuencial. En la estimación de los modelos que se presentarán en este trabajo se utiliza la versión 3.2 del paquete ALOGIT (Daly, 1992), dado que permite estimar en forma simultánea los modelos del tipo del logit jerárquico, evitando los problemas del método secuencial.

¹³ Por ejemplo, incluso en el caso en el que sólo haya cuatro alternativas existen veintiséis estructuras posibles (véase Sobel, 1980).

3.3.1.5.- El Probit Multinomial.

Todos los modelos discutidos hasta aquí tienen la característica que los coeficientes son fijos, de ahí que no consideren variaciones de gustos interpersonales. Si existen variaciones de gustos, Horowitz (1980) ha mostrado que el modelo logit multinomial puede producir importantes sesgos en las probabilidades predichas. Además, es probable que el logit jerárquico genere problemas similares.

Además, tal y como se observaba anteriormente, cuando dos o más de las alternativas son altamente sustitutivas el modelo logit puede producir resultados poco razonables, no ocurriendo lo mismo cuando estemos ante alternativas muy diferenciadas.

Para superar estos inconvenientes algunos autores (véase Hausman y Wise, 1978; Daganzo, 1979) han propuesto un modelo alternativo que permite la correlación entre los componentes aleatorios de la utilidad, denominado modelo probit condicional, donde existe interdependencia y heterogeneidad de las preferencias¹⁴.

El modelo probit multinomial no restringe los elementos aleatorios de la función de utilidad a ser variables Gumbel con distribución independiente e idéntica como el MNL, sino que pueden estar correlacionados y tener varianzas desiguales.

El modelo probit multinomial permite que las perturbaciones estén correlacionadas como consecuencia de las características no observadas de los individuos y de los efectos individuales. Es decir, para dos alternativas similares es razonable esperar que los componentes aleatorios sean también similares, y, en consecuencia, no independientes. De este supuesto, se deduce que el modelo probit multinomial no presenta las características de independencia entre alternativas irrelevantes. Asimismo, la formulación probit también considera las diferencias de gustos entre los individuos. Todas estas características hacen que el modelo probit multinomial permita tratar una mayor variedad de comportamientos.

¹⁴ La propiedad de independencia de alternativas irrelevantes, que generalmente se le critica al logit multinomial, es compartida por un conjunto más amplio de modelos entre los que está el probit independiente donde también se supone independencia y donde después de normalizar las varianzas se observa que las distribuciones normal independiente y la de valor extremo son bastante parecidas (véase Hausman y Wise, 1978).

El supuesto de gustos diferentes entre la población implica la existencia de parámetros variables según los individuos. Estos hechos quedan reflejados en las siguientes ecuaciones, que recogen una función de utilidad en la cual los parámetros incorporan un elemento aleatorio (v_i) que no había sido considerado hasta el momento.

$$V_{ij} = X_i \beta_i + \varepsilon_{ij} \quad (3.50)$$

$$\text{donde } \beta_i = \beta' + v_i$$

β_i es el vector de parámetros relativo al individuo i ; β' es la media entre individuos y v_i es el vector de elementos aleatorios que representa las desviaciones del i -ésimo individuo de la media general. Dado que las v_i no son observables, las perturbaciones de este modelo vienen dadas por la siguiente ecuación

$$X_i v_i + \varepsilon_{ij} \quad (3.51)$$

Resultando que estos componentes aleatorios no son independientes, ya que para dos alternativas cualesquiera las perturbaciones correspondientes tendrán el elemento común v_i .

Este modelo supone que los parámetros aleatorios β_i y los términos de error siguen una distribución normal multivariante y se distribuyen independientemente. Además, el modelo se transforma en términos de probabilidad utilizando la función de distribución normal multivariante.

Por tanto, el análisis probit condicional difiere del logit condicional en la especificación estocástica de la probabilidad basándose en una distribución normal multivariante y permitiendo covarianzas distintas de cero, mientras que la formulación logit se apoya en una distribución univariante independiente de valores extremos. Ambos modelos producen importantes diferencias en la probabilidad que se predice ante la introducción de una nueva alternativa.

La principal desventaja del probit multinomial deriva de los problemas computacionales que se han observado en la estimación de los mismos, sobre todo cuando el número de alternativas es superior a tres¹⁵.

¹⁵ Para una discusión acerca de las diferentes versiones del modelo probit multinomial así como de sus problemas de cálculo, ventajas y desventajas véase Daganzo (1979).

3.3.2.- Forma Funcional y Transformaciones de la Función de Utilidad.

La selección de la mejor especificación para un modelo de elección discreta depende, tal como hemos visto, de la elección de la forma funcional de la función probabilística pero también se ve influida por la forma funcional que se adopte para la función de utilidad. Aunque se puede argumentar que la función lineal es adecuada para muchos contextos, se han dado otras situaciones tales como la elección del destino donde las funciones no lineales resultan más apropiadas (Foerster, 1981; Daly, 1982). El problema en este caso es que, en general, no hay garantía de que la rutina de estimación de los parámetros converja a un único valor. Otro aspecto relativo a la forma funcional de la función de utilidad, se refiere a cómo deberían incorporarse las variables explicativas, aún cuando dicha función sea lineal en los parámetros.

En la literatura se han presentado varias aproximaciones, para averiguar cuál es la forma funcional correcta, a través de los siguientes planteamientos:

- 1)-El uso de análisis con experimentos de laboratorios o casos reales que intentan determinar la forma apropiada de la función de utilidad (Lerman y Louviere, 1978).
- 2)- La utilización de transformaciones estadísticas, tales como el método Box-Cox, dejando que los datos "decidan" cual es la forma funcional que mejor se ajusta (Gaudry y Wills, 1978).
- 3)- El uso de una teoría económica que permite derivar la forma funcional más adecuada que se debe adoptar (Train y McFadden, 1978; Jara-Díaz y Farah, 1987).

Dependiendo de la forma funcional que se utilice se derivarán diferentes tasas de intercambio o "trade-off" entre variables, afectando a conceptos tales como el valor del tiempo; además la ponderación o importancia que concede el individuo a cada variable dentro de la función de utilidad también cambiará drásticamente, tal y como veremos posteriormente.

En este apartado nos centraremos especialmente en las aproximaciones (2) y (3), haciendo especial hincapié en la aproximación (3) con objeto de conocer los fundamentos teóricos, derivados de la teoría económica, que ayudan a decidir la forma funcional correcta así como las variables relevantes que deben entrar en la función de utilidad.

La aproximación (2) consiste en utilizar una transformación Box-Cox para la función de utilidad; este planteamiento se basa en la hipótesis de que, ante la ausencia de una teoría que defina la forma funcional adecuada, sean los datos los que lleven a definir dicha función. Se trata de una transformación ampliamente utilizada en econometría y que ha sido aplicada y adaptada a modelos de transporte (Gaudry y Wills, 1978). En general consiste en aplicar a las variables explicativas (X) la siguiente transformación en función del valor de (λ) que se estime.

$$X_{ijl}^{(\lambda_{jl})} = \begin{cases} (X_{ijl}^{\lambda_{jl}} - 1) / \lambda_{jl} & \text{si } \lambda_{jl} \neq 0 \\ \ln X_{ijl} & \text{si } \lambda_{jl} = 0 \end{cases} \quad (3.52)$$

Para $X_{ijl} > 0$, y donde l indica el número de variables explicativas (X) que entran en el modelo, i el individuo y j la alternativa.

Además, al igual que en el caso lineal, cada una de esas variables puede ser genérica para todas las alternativas o, por el contrario, específica de cada una de ellas, en cuyo caso se estiman distintos parámetros, para una misma variable, en las funciones de utilidad de cada alternativa.

Si por ejemplo considerásemos un modelo logit, la probabilidad de que el individuo i escoja la alternativa j que resulta de esta transformación es:

$$P_{ij} = \frac{\exp(\theta_j X_j + \sum_{l=1}^L \theta_{jl} X_{ijl}^{(\lambda_{jl})})}{\sum_{k \in C_i} \exp(\theta_k X_k + \sum_{l=1}^L \theta_{kl} X_{ikl}^{(\lambda_{kl})})} \quad (3.53)$$

Donde $X_j = X_k = 1$ son constantes específicas de la alternativa j y k respectivamente.

Se observa como las típicas formas lineal y log-lineal son casos especiales de la expresión general¹⁶

¹⁶ Algunos autores entre ellos Gaudry et al (1994) han señalado cuales son algunas de las propiedades irreales que

Si λ_{kj} es igual a uno (o cero) la variable entra en forma lineal (o logarítmica). La transformación es continua para todo valor del parámetro λ y sólo definida para variables positivas, de forma que existen algunas variables X_{ijl} que no pueden ser transformadas: las constantes, las variables dummy y aquellas variables que contienen observaciones negativas.

La complejidad de esta transformación lleva a que no se pueda asegurar un único máximo si son varias -más de una- las variables transformadas en forma no lineal.

Alternativamente, puede ser necesario usar una transformación más general, como la Box-Tukey (Gaudry y Wills, 1978) en que se reemplazan las variables X por $(X+\mu)$ y se elige este nuevo parámetro de modo que la cantidad sea mayor que cero $(X+\mu)>0$ para todas las observaciones.

$$(X + \mu)_{ijl}^{(\lambda_{jl})} = \begin{cases} \frac{(X + \mu)_{ijl}^{\lambda_{jl}} - 1}{\lambda_{jl}} & \text{si } \lambda_{jl} \neq 0 \\ \ln(X + \mu)_{ijl} & \text{si } \lambda_{jl} = 0 \end{cases} \quad (3.54)$$

Este tipo de transformaciones de la función de utilidad ha sido experimentado en varios estudios, produciendo en ocasiones resultados más razonables que los que se derivan de la forma lineal (véase Gaudry et al, 1989). No obstante, la difícil interpretación de los parámetros que se obtienen, así como la complejidad inherente al análisis hacen que esta transformación no se haya aplicado extensamente en economía del transporte.

La aproximación (3) resulta más interesante por cuanto, tal y como se señalaba anteriormente, se apoya en unos fundamentos teóricos derivados de la teoría económica que estudian los fundamentos microeconómicos del comportamiento del consumidor; este planteamiento permite extraer una serie de consideraciones con objeto de definir la forma funcional que se debe adoptar.

se derivan de los supuestos generales que se hacen al plantear una especificación lineal del modelo logit, entre las que destacan la existencia de elasticidades cruzadas iguales, la exclusión de complementariedad entre alternativas, el hecho de que cambios en las condiciones de transporte son independientes del nivel de servicio, etc; propiedades que se evitarían al plantear una transformación Box-Cox.

Esta aproximación es relevante sobre todo de cara a la selección de las variables que deben entrar en la función de utilidad, por lo que plantearemos cuáles son las formulaciones hechas para los modelos de elección del modo de transporte ya que son las que resultan de interés en este estudio y que se desarrollan en el epígrafe siguiente.

3.3.2.1- Consideraciones teóricas para determinar la especificación de la función de utilidad y establecer las variables relevantes.

La aproximación tradicional acerca del papel de las variables renta, tiempo y coste del transporte en la función de utilidad utilizada en modelos de elección discreta, que se enmarcan dentro de la economía de transporte, se basa en el trabajo de Train y McFadden (1978).

El objetivo es derivar formas particulares de la función de utilidad representativa, problema que se planteó originalmente como una decisión típicamente microeconómica donde el individuo debe elegir entre el ocio (L) y los bienes de consumo (G):

$$\text{Max. } U(G, L) \quad (3.55)$$

$$s.a : G + c_j = w.W + Y$$

$$W + L + t_j = T$$

Donde Y es la renta no salarial, w es el salario real por hora, c_j y t_j son el dinero y el tiempo gastado en el viaje, T es la cantidad total de tiempo y W el número de horas trabajadas. Además j pertenece a un conjunto M que representa los modos disponibles.

Este problema se resuelve en dos etapas, inicialmente se maximiza la utilidad condicionada a unos valores de c_j y t_j y en segundo lugar se optimiza sin ningún valor condicional.

$$\text{Max}_{j \in M} [\text{Max}_W ((wW + Y - c_j), T - W - t_j)] \quad (3.56)$$

La solución inicial produce $W^*(c_j, t_j)$. De forma que se obtiene la función de utilidad indirecta cuyo nivel depende del modo elegido¹⁷.

$$U \equiv U[W^*(c_j, t_j)] \quad (3.57)$$

El segundo paso es una optimización discreta que requiere comparar U_j con U_k , donde tanto j como k pertenecen a M . De forma que el modo elegido es el que produce la mayor utilidad¹⁸.

Train y McFadden (1978) presentan tres formas funcionales distintas para la función de utilidad. Cuando plantean una aproximación de la función de utilidad del tipo $U = \alpha_1 \log G + \alpha_2 L$, la función de utilidad indirecta que se deriva y que se considera relevante, esto es una vez que se eliminan de esta función todos los elementos comunes entre alternativas que no afectan a la elección, es

$$V_j = -\alpha_2 \left(\frac{c_j}{w} + t_j \right) \quad (3.58)$$

En esta aproximación el salario aparece dividiendo al coste en vez de multiplicando al tiempo. Además en este modelo el individuo valora, en el margen, el tiempo de trabajo igual que el tiempo de transporte.

Al considerar una especificación para la función de utilidad de la siguiente forma: $U = \alpha_1 G + \alpha_2 \log L$, la función de utilidad indirecta que se obtiene es:

$$V_j = -\alpha_1 (t_j w + c_j) \quad (3.59)$$

Observándose que en este caso, el tiempo aparece multiplicado por el salario en vez del coste dividido por el salario. A la vez que es posible considerar una especificación más general que contenga parámetros distintos.

¹⁷ Se observa como en este contexto el individuo puede elegir el número de horas que trabaja y por tanto la renta se convierte en una variable endógena aún cuando se considera que el salario está determinado exógenamente, siendo éste un supuesto poco real.

¹⁸ La probabilidad de que se elija un modo antes que otro se puede calcular planteando una especificación de cualquiera de los modelos probabilísticos anteriormente señalados - por ejemplo a través del logit multinomial-.

Finalmente cuando plantean una especificación de tipo Cobb-Douglas se considera una función de utilidad como: $U=kG^{1-\beta}L^\beta$, a partir de la cual, y teniendo en cuenta las restricciones del problema, se obtiene una expresión de la función de utilidad indirecta tal como

$$V_j = -K(w^{1-\beta}t_j + w^{-\beta}c_j) \quad (3.60)$$

Que además puede adoptar distintas formas según los valores de β considerados, resultando tres especificaciones alternativas tal y como sigue:

$$V_j = -w^{-\beta}c_j - w^{1-\beta}t_j \quad \text{para } 0 < \beta < 1 \quad (3.61)$$

$$V_j = -c_j - wt_j \quad \text{para } \beta = 0$$

$$V_j = -c_j/w - t_j \quad \text{para } \beta = 1$$

La ecuación (3.60) implica una utilidad marginal de la renta constante, así como un valor del tiempo constante -tal y como se presentará en el capítulo 5 de este estudio-. Además esta especificación puede ser generalizada de forma que se puedan tener en cuenta distintos componentes del tiempo y del coste.

Así estos distintos componentes del tiempo y del coste pueden entrar en la función de utilidad indirecta con diferentes coeficientes. Cada uno de los componentes del tiempo es multiplicado por $w^{(1-\beta)}$ y los del coste divididos por w^β , donde β es el parámetro de la función de utilidad Cobb-Douglas definida anteriormente.

Asimismo, las variables socioeconómicas y las constantes modales específicas también pueden entrar en la función de utilidad indirecta representativa. Estas variables se interpretarían como proxies de los componentes no observados del tiempo y del coste. Si la variable socioeconómica o la constante es una proxy de un componente de tiempo no observado, entonces debe entrar en la función de utilidad indirecta multiplicada por $w^{(1-\beta)}$, si por el contrario es una proxy de componentes del coste no observados entonces debe estar dividida por w^β .

Por su parte, también se puede introducir en la función de utilidad un componente de error que convierte el modelo en probabilístico. Este término de error se interpreta como la diferencia entre los componentes del coste y del tiempo no observados y las proxies que son utilizadas para esos

componentes no observados.

En la última especificación encontrar el máximo de V_j con $j \in M$ es equivalente a obtener el máximo de $-c_j/w-t_j$, entre otras posibilidades. Esta aproximación constituye el fundamento teórico que permite introducir en las especificaciones de la función de utilidad, en modelos desagregados, el cociente coste/salario¹⁹, y refleja que individuos con altos salarios dan menos importancia al coste del transporte²⁰ (por ejemplo en Train, 1976).

Del planteamiento hecho por estos autores se deduce que los fundamentos teóricos establecen la naturaleza de las variables introducidas así como la forma en la que deben entrar en la función de utilidad. Considerándose que debe ser el investigador el que identifique si las variables socioeconómicas y las constantes modales deben ser interpretadas como proxis del tiempo o por el contrario como proxis del coste, porque tal y como hemos visto estas consideraciones llevan a distintas especificaciones de la función de utilidad.

Esta formulación inicial ha sido modificada por algunos autores (Jara-Díaz y Farah, 1987), quienes incorporan el supuesto de que el ingreso (I) y las horas de trabajo son fijas y por tanto son variables exógenas en el modelo sobre las que el individuo no puede decidir. Con estos supuestos y considerando, igualmente, una función de utilidad tipo Cobb-Douglas ($KG^{1\beta}L^\beta$), así como introduciendo en las restricciones el número de viajes (B) -que aparece multiplicando al coste y al tiempo de viaje-, plantean el mismo problema de maximización.

¹⁹ En algunos trabajos este cociente se ha considerado como coste/ingreso (ver por ejemplo Swait y Ben-Akiva, 1987).

²⁰ Sin embargo, la inclusión del salario como variable explicativa presenta problemas. En primer lugar, no es evidente que el salario deba entrar como variable explicativa. McFadden (1973) ha mostrado como los parámetros estimados en un modelo de elección cualitativa pueden ser interpretados como parámetros de una función de utilidad esperada, denominada utilidad "representativa". Sin embargo, en la teoría neoclásica del consumidor, el salario aparece en la restricción a la que se somete la maximización de su utilidad y no está incluido en la propia función de utilidad. Por lo tanto el introducir el salario en la función de utilidad requiere algún tipo de justificación.

En otros estudios (por ejemplo McFadden, 1974) el salario aparece multiplicando el tiempo de viaje para captar el hecho de que individuos con mayores salarios son más sensibles a pérdidas de tiempo.

De cualquier manera, si se decide introducir el salario en el modelo se debe especificar de que forma ya que las dos especificaciones (dividiendo el coste por el salario o multiplicando el tiempo por el salario) no son equivalentes y conllevan a formas de la función de utilidad diferentes tal y como demuestran Train y McFadden (1978).

La primera maximización efectuada en el caso anterior ya no es necesaria, debido a que las variables G y L son ahora independientes, con lo que reemplazándolas en la función objetivo se puede obtener directamente la función indirecta de utilidad condicional del modo j:

$$\text{Max}_{j \in M} [U_j = k(I - Bc_j)^{1-\beta} (T - W - Bt_j)^\beta] \quad (3.62)$$

En este caso, dado que la comparación entre U_i y U_j no resulta útil, los autores (Jara-Díaz y Farah, 1987) proponen utilizar un valor para β con objeto de clarificar el problema. Así, si por ejemplo se considera que $\beta=0,5$ la comparación entre U_i y U_j y la eliminación de los términos irrelevantes permite obtener una expresión como

$$V_j = -c_j - \frac{I}{T-W} t_j + \frac{B}{T-W} c_j t_j \quad (3.63)$$

Esta nueva expresión muestra dos aspectos diferentes a las obtenidas anteriormente: por un lado la relación entre los coeficientes del tiempo y el coste no es el salario implícito (I/W), como ocurría antes, sino que será una expresión (I/T-W), y por otro lado aparece un nuevo término $c_j t_j$ con signo positivo.

Jara-Díaz y Farah (1987) señalan que la especificación lineal usual para la función de utilidad representativa, que se deriva del trabajo propuesto por Train y McFadden (1978), es inadecuada dado que ni la utilidad marginal de la renta ni el valor del tiempo son independientes del coste y tiempo de la alternativa; señalando que esto se puede evitar introduciendo el componente tiempo-coste ($c_j t_j$). Además observan que la tasa salarial que siempre aparece dividiendo al coste del transporte debería ser reemplazada por la tasa de gasto (la cantidad de dinero que el individuo gana por unidad de tiempo disponible (T-W)).

En otros trabajos, para resolver la comparación entre U_i y U_j , que se plantea con el modelo de Jara-Díaz y Farah (1987), lo que se hace es expandir la función de utilidad $U(G,L)$ hasta el término de primer orden en torno a (I,T-W), y definiendo la tasa de gasto como $g=I/(T-W)$, obtienen (véase Jara-Díaz et al, 1988)

$$U_j = K [I \cdot g^{-\beta} - (1 - \beta) \cdot B \cdot c_j \cdot g^{-\beta} - \beta \cdot B \cdot t_j \cdot g^{1-\beta}] \quad (3.64)$$

En la que los términos relevantes para la elección del modo de transporte son:

$$V_j = -c_j \cdot g^{-\beta} - t_j \cdot g^{1-\beta} \quad (3.65)$$

En esta expresión la tasa salarial (w) que se aproximaba a (I/W) ha sido reemplazada por la tasa de gasto ($g=I/(T-W)$), por lo que el ingreso entra ahora en la función de utilidad como una variable propiamente dicha y no como aproximación de otra variable que no se conocía -el salario-.

Estos autores (Jara-Díaz et al, 1988) consideran en la ecuación (3.56) $\beta=1$, con lo que la función utilidad con la que trabajan tiene la forma

$$V_j = -c_j / g - t_j \quad (3.66)$$

donde g es la tasa de gasto definida por $(I/(T-W))$ (véase, Jara-Díaz y Ortúzar, 1989), cuyo nombre se debe a que g representa el poder de compra por unidad de tiempo disponible para gastar.

Ambas formas de ver la parte relevante de la función de utilidad han sido derivadas en aproximaciones determinísticas, de una función de utilidad modal que se distribuye aleatoriamente y que puede verse como

$$U_j = V_j(c_j / w, t_j, otros) + \varepsilon_j' \quad (3.67)$$

o como

$$U_j = V_j(c_j / g, t_j, otros) + \varepsilon_j' \quad (3.68)$$

donde los términos estocásticos ε_j o ε_j' de dichas funciones de utilidad pueden seguir distintos comportamientos, y dependiendo de la función de distribución que se considere se pueden derivar distintos modelos probabilísticos, tal y como hemos visto en epígrafes anteriores.

Otro aspecto importante y que se debe tratar en este epígrafe es el referido a la introducción de las variables relevantes en la función de utilidad modal. En este aspecto hay que hacer especial

énfasis en la variable renta, dado que el ingreso es una variable que ha recibido un tratamiento especial en la derivación microeconómica de la función indirecta de utilidad condicional. Se observa como el nivel de renta influye en la elección del modo de transporte y como, sin embargo, su incorporación en el modelo a veces es inconsistente con la Teoría Económica. Para analizar estos aspectos se introduce en el siguiente apartado un estudio sobre esta problemática.

3.3.2.2.- La renta y su introducción en la función de utilidad.

En la derivación de la función de utilidad indirecta, que se ha hecho anteriormente (ecuaciones 3.56 y 3.62), aparece la variable renta menos el coste de transporte, reflejando el poder de compra condicionado al modo elegido. Si esta variable se especifica de forma lineal la comparación entre las funciones de utilidad derivada de dos modos de transporte distintos no se ve afectada por el nivel de renta. Esto ocurre en la estructura AIRUM ("additive in income random utility model") propuesta por McFadden (1981); sin embargo, el ingreso ha sido mantenido como argumento de la función de utilidad usando el supuesto de que existe una potencial correlación entre éste y algunas variables socioeconómicas que representan gustos y que influyen en la elección modal.

De esta forma se observa que el ingreso, que usualmente aparece en los modelos, no entra como ingreso propiamente dicho sino que actúa como proxy de preferencias (gustos).

Así, tal y como demostró McFadden (1981), la consistencia del modelo de elección discreta con la maximización de las preferencias impide que la renta entre como tal variable explicativa en el modelo. Su inclusión es válida sólo si se interpreta como proxy para los gustos no observados que influyen en el comportamiento de los individuos. De esta forma, tal y como se señalaba anteriormente, el ingreso normalmente no representa el poder de gasto en los modelos de elección modal.

Las principales implicaciones que se derivan de interpretar la variable ingreso como tal, son principalmente dos:

- 1) La especificación del modelo puede ser microeconómicamente inconsistente, esto es puede no

cumplir algunas propiedades teóricas tal como la identidad de Roy (Véase Viton,1985).

Este autor observa que una de las especificaciones más utilizadas en la literatura económica, en cuanto a la introducción de la renta, responde a la siguiente estructura:

$$U_j = Q(y) + \beta_p \left(\frac{p_j}{y}\right) + \beta_y^j y + W'_j + \varepsilon_j \quad (3.69)$$

Donde se observa que la utilidad derivada de la alternativa j introduce la renta (y) tres veces: en un término individual pero no estimado Q(y), en el cociente del precio de la alternativa y la renta, y en un término específico de la elección. En esta especificación el coeficiente del cociente entre el precio y la renta no depende de la alternativa en cuestión, es decir se mantiene constante entre alternativas a diferencia del resto de coeficientes y además se hace el supuesto de linealidad en precios e ingreso. El término W' es una función de las características del individuo y las alternativas.

Supongamos ahora que el problema se puede estructurar considerando que $x_j=1$, es decir si se considera que el consumidor elige la alternativa j quiere decir que se ha elegido viajar en un único modo de transporte. Sin embargo esta especificación no puede ser consistente con la maximización de la utilidad ya que según la identidad de Roy tendríamos:

$$\beta_y^j + \beta_p \frac{p_j}{y^2} - \frac{\beta_p}{y} = -\frac{dQ}{dy} \quad (3.70)$$

$$Q = -\beta_p \frac{p_j}{y} - \beta_p \ln y - \beta_y^j y + C_j \quad (3.71)$$

Donde C_j es una constante de integración estimable introduciendo una variable dummy.

Con lo cual la función de utilidad que se deriva de la alternativa j adopta la siguiente forma:

$$v_j = -\beta_p \ln y + W'_j + \varepsilon_j \quad (3.72)$$

Lo que lleva, según la identidad de Roy, a que el consumo sea cero es decir $x_j=0$ ya que la derivada parcial de esta función de utilidad respecto al precio de la alternativa es cero. Por tanto

aparece una contradicción.

Este autor (Viton, 1985) señala que una segunda especificación es la que posibilita que los términos de error estén correlacionados con los precios y el ingreso. En este caso la identidad de Roy siempre se cumpliría, y sería consistente con la maximización de la función de utilidad. No obstante, el coste de esta aproximación implica que los coeficientes estimados para el precio y el ingreso sean sesgados e inconsistentes por lo que no deben utilizarse.

Una aproximación más interesante -según este autor- es considerar que algunos determinantes de la elección que no son observados, tales como los gustos, están relacionados con la renta, siendo este planteamiento consistente con la maximización de la utilidad.

2) El análisis del bienestar puede ser incorrecto ya que las medidas monetarias de variaciones de la utilidad son diferentes cuando la renta influye en la elección.

Algunos autores han analizado cuáles son las consecuencias, en las medidas de bienestar, que se derivan de la omisión del efecto de la renta en los modelos de elección modal (Véase Jara-Díaz y Videla, 1990), siendo una de las conclusiones más importantes la de que el impacto de variaciones en los precios de los modos, sobre el bienestar de los usuarios de bajo nivel de renta, tiende a infravalorarse (subestimarse) cuando no se tiene en cuenta el impacto sobre el bienestar inducido por el ingreso, lo que ellos denominan "income-induced welfare impact".

Jara-Díaz (1990a) desarrolla y aplica un marco teórico para distinguir entre preferencias propiamente dichas -gustos- y el efecto de la restricción de ingreso. Con este motivo deduce una función de utilidad indirecta condicional que incluye el ingreso y mantiene explícitamente un parámetro de preferencia, argumentando que si el ingreso representa gustos debe existir una relación monótona entre esta variable y el parámetro de las preferencias estimado.

Usando la versión generalizada del modelo de tasa de gasto, con la función de utilidad de tipo Cobb-Douglas y un aproximación de primer orden, obtiene una utilidad modal:

$$V_i(c_i, t_i, Y_i) = \alpha_i + \gamma g^{-\beta} c_i + \delta g^{1-\beta} t_i + \varepsilon_i \quad (3.73)$$

En esta especificación se incluye un parámetro (β) que refleja preferencias puras -representa preferencias por tiempo libre o de ocio frente a bienes expresados en dinero- y una variable (g)

que contiene el ingreso como poder de compra. Es decir, gustos e ingreso están representados independientemente.

El efecto de esas preferencias puras puede ser estudiado variando el valor del parámetro β y comparando los resultados, de forma que el modelo con mayor verosimilitud da el mejor estimador de β . De esta manera este autor (Jara-Díaz, 1990a) encuentra que en Santiago de Chile este parámetro de preferencias no varía monótonamente con el ingreso, con lo cual sus resultados no parecen apoyar la relación entre gustos e ingreso.

Se han dado diferentes aproximaciones para introducir la renta como variable explicativa; veamos algunas que se han considerado relevantes y que se utilizarán posteriormente para interpretar los resultados de las estimaciones:

- El modelo de Train y McFadden (1978), anteriormente señalado, constituye un ejemplo donde la renta entra como variable explicativa en la función de utilidad. Estos autores se plantean por primera vez si la renta debe incluirse en un modelo de elección discreta y cuál debe ser la forma funcional. Las variables de elección en la maximización de la utilidad son el coste y el tiempo de cada uno de los medios de transporte, así como el número de horas trabajadas. En este caso el número de horas trabajadas y el medio de transporte escogido se determinan conjuntamente y la renta pasa a ser una variable endógena. El modelo depende de la función de utilidad que se elija, observándose que la renta puede incorporarse como variable explicativa que actúa como proxy de otras variables omitidas. Además los supuestos implícitos en el modelo son que la renta es una variable endógena y la interpretación de las variables socioeconómicas como proxis.

Sin embargo, Viton (1985) demuestra la inconsistencia de esta especificación con las propiedades de la función de demanda, siempre que ésta se conozca con certeza y tome valores uno si se elige la alternativa considerada y cero en cualquier otro caso²¹.

- Otros estudios (entre ellos véase Bates y Roberts, 1986) han intentado recoger el efecto de la renta mediante la segmentación de la muestra según los distintos niveles de renta permitiendo

²¹ Existe un enfoque alternativo propuesto por Hau (1982) y que se presenta en Matas (1990), donde se interpreta el modelo en términos de utilidad esperada, y al igual que en McFadden (1978) la renta aparece en la función de utilidad indirecta. Obteniéndose un modelo consistente con las propiedades de demanda, siempre que se interprete el modelo en términos de utilidad esperada y el individuo no conozca con certeza la alternativa elegida.

que los valores de los coeficientes de las variables coste y tiempo difieran entre submuestras²². Con este enfoque se evita tener que establecer una forma funcional para la renta y cabe esperar que, si se cumple la hipótesis de utilidad marginal de la renta, el coeficiente del coste estimado disminuya a medida que aumente la renta, y el valor del tiempo aumente.

- El trabajo de Jara-Díaz y Farah (1987) suprime la hipótesis de que el salario es endógeno argumentando que en Chile existen importantes restricciones sobre el número de horas trabajadas y por lo tanto se debe tratar el salario como una variable exógena en la elección del medio de transporte. Además la utilidad marginal de la renta no se puede considerar constante, ni el efecto renta despreciable.

- Jara-Díaz y Ortúzar (1989) aplican el anterior modelo desarrollando la función de utilidad alrededor de $(Y/T-W)$. La ecuación estimada es:

$$V_i = \alpha(1/(Y/T - W))c_i - \beta t_i + \varepsilon_i \quad (3.74)$$

El modelo es similar al planteado por Train y McFadden (1978) donde se sustituye el salario por la renta disponible por unidad de tiempo de ocio.

- Jara-Díaz y Videla (1989) plantean una metodología que deriva de fundamentos microeconómicos y con la cual es posible detectar la presencia de un efecto ingreso en los modelos de elección discreta. Formulan un modelo donde la utilidad marginal de la renta depende del coste de la alternativa elegida. La función de utilidad indirecta vendría dada por la siguiente expresión

$$V(P, Y - c_j, Q_j) = V_1(P, Y - c_j) + V_2(Q_j) \quad (3.75)$$

donde:

P= precio de los bienes sin incluir el de los viajes

Y= nivel de renta

c_j = coste de transporte de la alternativa j

Q_j = características de las alternativas de transporte

Para estudiar el efecto de la renta solo es necesario estudiar V_1 para la cual utilizan una

²² El problema que presenta este enfoque es qué criterio adoptar para considerar como homogéneos distintos niveles de renta, es decir como realizar la partición de la muestra inicial.

expansión de Taylor de orden superior a uno entorno a (P, Y) , de forma que la renta aparece como una variable explicativa en la elección modal.

$$V_1(P, Y - c_j) = V_1(P, Y) + \sum_{i=1}^n \frac{1}{i!} V_1^{i+1}(P, Y) (-c_j)^i + R_{n+1} \quad (3.76)$$

donde V_1^i indica la i -ésima derivada de V_1 con respecto a $Y - c_j$ evaluada en Y , y R_{n+1} representa los términos de orden $n+1$ y superiores. Si se considera que la aproximación n es suficiente entonces R_{n+1} es cercano a cero.

Cuando la aproximación que se utiliza es de orden uno se obtiene la usual especificación lineal en coste de la función de utilidad.

La elección del modo de transporte dependerá de la renta desde que se tome n mayor o igual que 2, dado que aparecerá al menos un término de la forma $V_1^i(P, Y)$, lo cual significa que al comparar $V(c_i, Q_i)$ con $V(c_j, Q_j)$ pueden producirse resultados distintos para diferentes niveles de renta.

En estos casos la utilidad marginal de la renta viene dada por:

$$\lambda = \frac{\partial V^*}{\partial Y} = V_1^1(P, Y) + \sum_{i=1}^{n-1} \frac{1}{i!} V_1^{i+1}(P, Y) (-c_j)^i \quad (3.77)$$

Observándose que para el caso lineal ($n=1$) λ es independiente de la renta a diferencia de casos para los que n es igual o superior a dos.

Estos autores proponen un test muy sencillo que consiste en introducir un nuevo término a la función de utilidad lineal habitualmente utilizada, se trata del coste elevado al cuadrado estudiando si es o no significativo. En este caso la expresión de la función de utilidad a utilizar será:

$$V_i = \alpha_0 + \alpha_c c_i + 1/2 \alpha_{c2} c_i^2 + V_2(Q_i) \quad (3.78)$$

De forma que coeficientes significativos para la variable coste al cuadrado estimados en distintos segmentos de renta indican la existencia de una función de utilidad general del tipo $V(c_i, t_i, Y)$.

El valor de la utilidad marginal de la renta también se puede extraer de la ecuación anterior teniendo en cuenta que $\partial V_i / \partial Y$ coincide con $-\partial V_i / \partial c_j$, tal y como se desprende de la ecuación (3.75).

Así una aproximación de segundo orden sería suficiente para averiguar la existencia de un efecto ingreso de la siguiente forma: se divide la población en distintos segmentos de renta y se estima para cada submuestra un modelo que incorpore la variable coste al cuadrado estudiando si es significativa o no. De forma que se deben cumplir tres propiedades:

- Los coeficientes estimados para el coste de las alternativas debe ser negativo y decrecer -su valor absoluto- con el ingreso.
- Los coeficientes de la nueva variable -coste elevado al cuadrado- deberían ser positivos y decrecer con el ingreso.
- La utilidad marginal de la renta debería decrecer con el ingreso.

La utilidad marginal de la renta dependería del coste del viaje y debería interpretarse que, para un mismo grupo de renta, es mayor para aquellas personas que eligen medios más baratos.

La contrastación del efecto renta que proponen estos autores justifica la segmentación de la muestra y la estimación de distintos coeficientes para cada nivel; asimismo la introducción del término c_i^2 -coste al cuadrado- en las ecuaciones para niveles homogéneos de renta supone que la utilidad marginal de la renta no es constante dentro de cada grupo y que depende del coste de la alternativa elegida.

- Otros autores (véase Gaudry et al, 1989) han propuesto una transformación Box-Cox del modelo logit para incorporar la renta. Sin embargo, estos modelos presentan una difícil interpretación de los coeficientes estimados.

El planteamiento de este tipo de modelos, tal y como hemos visto anteriormente, supone introducir una transformación de la función de utilidad; siendo la principal crítica que recibe la de la falta de un apoyo teórico que justifique esta estructura y que ayude a interpretar correctamente los resultados que se obtienen.

3.4.- CONCLUSIONES.

En este capítulo se ha mostrado cómo las elecciones de tipo discreto necesitan un marco de análisis distinto al propuesto por la teoría neoclásica. Cuando se modeliza la elección que hace un individuo entre un conjunto de alternativas excluyentes se hace necesario plantear modelos de naturaleza probabilística, que relacionan la probabilidad de elección de una alternativa con las características del individuo y de las opciones.

Existen distintas formas funcionales para estimar un modelo de elección discreta. En este trabajo se realiza una revisión de las principales especificaciones econométricas que se utilizan con este propósito, observándose que cada una de ellas tiene una serie de ventajas y limitaciones que hacen que sean las condiciones propias del problema objeto de estudio las que lleven a definir la estructura finalmente elegida.

Así por ejemplo, cuando se considera que existen alternativas muy similares que el individuo puede considerar como sustitutivas entre sí, el modelo logit resulta ser inadecuado en la medida en que se apoya en el axioma de independencia de alternativas irrelevantes, según el cual la existencia o no de una nueva alternativa no afecta a la relación existente entre dos pares cualesquiera de ellas. Para evitar este problema se puede plantear un modelo logit jerárquico que agrupa a aquellas alternativas más similares en nidos, pero que restringe la correlación entre alternativas a aquellas que están dentro de un mismo grupo o nido no permitiendo correlaciones entre alternativas de distintos grupos. Estos problemas se pueden resolver especificando un modelo probit multinomial el cual además permite la variación de gustos entre los individuos de la población objeto de estudio. Sin embargo, han sido los problemas computacionales los que han hecho que este modelo no haya sido ampliamente utilizado.

Asimismo, se observa como el uso de los modelos de elección discreta entre varias alternativas ha sido muy difundido en los últimos años (véase Ortúzar 1982), no obstante no existe un consenso acerca de cuál es la estructura más adecuada.

La norma de decisión de la maximización de una función de utilidad ha sido el fundamento de la mayoría de los modelos de elección referidos al modo de transporte. Este planteamiento permite formalizar el comportamiento de los individuos apoyándose en unos fundamentos microeconómicos que llevan a desarrollar el modelo de la utilidad aleatoria, según el cual el agente intenta maximizar su función de utilidad y es el desconocimiento del investigador el que

obliga a introducir un componente aleatorio.

La mayor parte de la literatura ha asumido como correcta una función de utilidad lineal y aditiva, sin que haya existido ningún fundamento teórico que apoyase este aspecto. La revisión de los modelos teóricos hacen especial hincapié en las variables que se consideran relevantes en la función de utilidad así como la forma en que deben entrar, considerando generalmente funciones de tipo Cobb-Douglas - a partir del trabajo de Train y McFadden (1978)- y en ocasiones aproximaciones de orden superior a uno (Jara-Díaz y Videla (1989)). Sin embargo, algunos autores han preferido que sean los datos los que decidan la forma funcional de la función de utilidad (Gaudry et al, 1989) especificando funciones de tipo Box-Cox en las cuales resulta más complicada la interpretación de los coeficientes que se obtienen.

Las variables relevantes que se incluyen en la función de utilidad, cuando se habla de la elección del modo de transporte, se refieren a la renta, tiempo y coste del transporte entre otras. Siendo el aspecto más conflictivo el que se refiere a la forma en que se debe introducir la renta en estos modelos. En este sentido se observa como se ha generado un importante debate tendente a justificar, con un soporte teórico, la introducción de esta variable así como la forma en que ha de hacerse. Con este objeto, se han presentado algunas de las aproximaciones utilizadas, así como los supuestos que han permitido la inclusión de esta variable.

CAPÍTULO 4: ESTIMACIONES DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE

4.0.- INTRODUCCIÓN.

En este capítulo se estima la demanda de transporte a partir de la elección que hacen los individuos entre una serie de alternativas discretas y que deriva de la hipótesis de la **maximización de la utilidad aleatoria** (Domencich y McFadden, 1975 y más recientemente Ben-Akiva y Lerman, 1985). Las alternativas consideradas son los distintos medios de transporte disponibles para realizar un viaje interinsular en la línea Gran Canaria/Tenerife. Se planteará la demanda en función tanto de las características de los individuos como de los atributos de los distintos medios de transporte disponibles en este mercado. Así se podrá estimar la respuesta de los individuos ante cambios en los determinantes de su comportamiento, y comparar la valoración que hacen de cada uno de los atributos según las distintas submuestras que se generan al considerar grupos de características más homogéneas. El conocimiento de los determinante de la elección de cada uno de los medios de transporte es importante tanto para explicar el comportamiento de la demanda de cada una de las alternativas, como para poder evaluar el efecto derivado de la aplicación de distintas políticas de transporte.

La demanda de transporte se suele considerar como una "mercancía derivada" debido a que ésta se realiza con un propósito distinto al del mero viaje; esto es, la gente viaja con el objetivo de obtener mercancías y/o servicios ofrecidos en el punto de destino. Por esto en el análisis de la demanda se debe considerar además de las características de la oferta de transporte el motivo por el que se ha decidido viajar.

Cuando un individuo se plantea realizar un viaje debe elegir entre los distintos medios disponibles para ello, esta elección se ve afectada, entre otras, por variables como el precio del billete, el tiempo empleado en el viaje, las ofertas promocionales, la seguridad, la puntualidad, la comodidad del medio, y la reputación de la empresa que provee el servicio. Asimismo también influyen en la elección las características socioeconómicas del individuo y el motivo del viaje, tal y como se señaló anteriormente.

El análisis del comportamiento individual ante decisiones discretas, como es la elección del medio del transporte, se realiza mediante modelos de elección discreta que permiten estimar una función de demanda partiendo de las "preferencias reveladas" de los individuos; y ésta se modeliza introduciendo una función de utilidad de carácter aleatoria, que es la función objetivo del individuo. En este trabajo se realizan estimaciones tanto para una función de utilidad lineal

como para una función de tipo Box-Cox y/o Box-Tukey (Gaudry et al, 1989) con el propósito de averiguar cuál de ellas recoge mejor el comportamiento analizado. Las especificaciones utilizadas para la estimación son: en primer lugar, las del logit y probit binomial como un primer acercamiento al problema a analizar y posteriormente las de los modelos logit simple (logit multinomial) así como la especificación del modelo logit jerárquico (nested logit model) que agrupa aquellas alternativas que están más correlacionadas entre sí, es decir aquellas que resultan ser más similares (Williams, 1977). Este último planteamiento permite generar estructuras más complejas que consideran la existencia de las tres alternativas así como la posibilidad de agrupar a aquellas alternativas más parecidas.

En este estudio se han utilizado variables de distinta naturaleza que dan lugar a formular modelos alternativos a los propuestos dentro del capítulo, algunos de los cuales se presentan en el Anexo 4.1 dado que son estimaciones que producen buenos resultados a la vez que sirven para evaluar la importancia de variables que no se pueden introducir junto con las utilizadas en los modelos propuestos.

En el capítulo anterior se presentó una revisión acerca de la polémica generada con la inclusión o no de la variable renta y su interpretación (Jara-Díaz y Farah, 1987), así como la forma en que debería entrar esta variable (Jara-Díaz y Ortúzar, 1989). En este trabajo se estudia la influencia de la renta en los modelos de elección a través de varios enfoques; en primer lugar con la inclusión de esta variable como explicativa y específica de determinadas alternativas -en concreto específica del ferry-; por otro lado, afectando a algunos atributos, específicamente tiempo y precio, con el objeto de estimar coeficientes específicos de las distintas submuestras de renta consideradas y captar la existencia de un comportamiento diferenciado entre la población. Finalmente, se aplica la metodología propuesta por Jara-Díaz y Videla (1989) que consiste en incorporar una nueva variable (el coste al cuadrado) que permite detectar la existencia de un efecto ingreso en estos modelos, así como evaluar la utilidad marginal de la renta y su decrecimiento; este último enfoque resulta más interesante en la medida que deriva de unos fundamentos teóricos. Otro enfoque alternativo y que también se ha planteado en este estudio, es a través de la introducción de la tasa de gasto definida por Jara-Díaz y Farah (1987). Esta última aproximación aunque resulta interesante, y en otros estudios ha producido resultados satisfactorios (véase entre otros Jara-Díaz y Ortúzar, 1989), no se presenta en este trabajo debido a que hay que considerar una tasa de gasto constante entre la población ya que no se conoce el número de horas trabajadas por el individuo y por tanto hay que adoptar algún valor medio; con lo cual lo único que se estaría haciendo es multiplicar el precio por una constante y de esta forma este análisis pierde relevancia.

Este capítulo continúa con la presentación, en el apartado 2, de una serie de consideraciones previas a la estimación. El apartado 3 analiza la operatividad de la encuesta utilizada, el apartado 4 se ocupa del tratamiento de la encuesta, donde se enumeran las distintas modificaciones, y en algunos casos eliminación de individuos que se llevaron a cabo para conformar la muestra con la que se realizan las estimaciones. El apartado 5 trata de la selección de las variables explicativas utilizadas en las estimaciones de los modelos; estimaciones que se encuentran en el apartado 6 donde se lleva a cabo un análisis de los resultados obtenidos. Por último, las conclusiones generales de este capítulo se presentan en el apartado 7. Al final de la tesis aparece un Anexo de este capítulo donde se incluyen y comentan los resultados de algunas estimaciones alternativas a las propuestas aquí.

4.1.- CONSIDERACIONES PREVIAS A LA ESTIMACIÓN.

Las alternativas disponibles para realizar un viaje interinsular son los distintos medios de transporte existentes en este mercado, esto es, el avión, el jet foil y el ferry. En este trabajo se estima la demanda de transporte para cada uno de estos medios a partir del análisis de la elección del modo de transporte que hace el individuo.

Esta demanda, que denotaremos por y , se estima en función de las características de las distintas alternativas y de los individuos (vector x) asignando a cada alternativa un número arbitrario; por ejemplo: $y_1=1$ cuando el individuo 1 elige viajar en avión, $y_1=2$ si el viaje se realiza en jet-foil y finalmente $y_1=3$ cuando éste se haga en ferry. Se trata por tanto de un modelo de elección múltiple donde la variable dependiente es cualitativa no ordenada -ya que se puede definir en cualquier orden- y de carácter discontinuo y discreto, dada la imposibilidad de que presente algún valor intermedio a los anteriormente citados.

Este hecho hace necesaria la aplicación de modelos de elección discreta, los cuales permiten convertir una variable discontinua en continua a través de la transformación de variables discretas en probabilidades. De esta forma, el modelo intenta explicar la probabilidad de que se elija una alternativa i (P_i), mientras que lo que realmente se observa es dicha elección.

Con estos modelos se puede estimar la probabilidad de que un individuo "medio", con un conjunto determinado de características, elija una alternativa dada. Así, se puede definir una variable binaria que tome el valor uno cuando se decida viajar en el medio en cuestión y cero en

cualquier otro caso.

La aplicación de los modelos de elección discreta exige disponer de información a nivel individual tanto respecto a las características socioeconómicas del individuo como de los medios de transporte.

Asimismo, cada individuo debe conocer cuáles son las alternativas existentes¹. Este supuesto es una exigencia del modelo, y parece de fácil justificación en nuestro contexto dado que los individuos que viven en un entorno insular tienen un mayor conocimiento de los medios de transporte existentes para poder realizar un viaje entre islas debido a la importante conexión que existe bien por razones económicas y de proximidad geográfica, así como por razones puramente de ocio, familiares, e incluso médicas.

En este análisis no pueden existir individuos sin probabilidad de elección. Además, se supone que los individuos ya tienen fijado el destino final y que sólo realizan la elección del medio de transporte². Por tanto, no se plantean la cuestión de si harán o no el viaje, sino que una vez que han decidido viajar eligen entre los medios de transporte disponibles; de esta forma, el modelo no busca predecir el número de personas que elegirá un determinado modo, sino cuál es el porcentaje de un mercado predeterminado que tomará una alternativa específica.

Los individuos hacen distintas valoraciones de las variables que caracterizan a cada uno de los medios disponibles según, por ejemplo, el motivo del viaje; para intentar captar este comportamiento se plantea una función de demanda diferente para cada uno de los motivos del viaje. Esta valoración también se ve afectada por sus características socioeconómicas.

La segmentación de la muestra según algunas características de los pasajeros -motivo del viaje, nivel de renta y frecuencia con la que realiza el viaje- permite captar comportamientos diferenciados, así como derivar distintas valoraciones del tiempo, tal y como veremos en el capítulo siguiente.

¹ En algunos cuestionarios para asegurar el conocimiento de todas las alternativas se suelen incluir preguntas acerca de los medios de transporte no utilizados.

² En los viajes por motivos de ocio no está tan claro que el medio de transporte no influya en la elección del destino final.

4.2.- OPERATIVIDAD DE LA ENCUESTA UTILIZADA.

La información utilizada para este estudio se obtiene a partir de la encuesta presentada en el capítulo 2. El cuestionario utilizado aunque permite cubrir parte de los objetivos de este trabajo, no contiene una serie de preguntas que son importantes para la formalización de los modelos de elección del modo de transporte y que se suelen incluir como variables explicativas; se trata entre otras de cuestiones referidas al sexo, edad del encuestado y su profesión. Además hubiera sido interesante conocer el nivel de renta personal declarado por el individuo, el valor real y no codificado por intervalos que es como se presenta en el cuestionario, e introducir las siguientes matizaciones que permiten tener mayor información acerca de la situación del encuestado:

- Si se trata de un individuo que está retirado, se debería indicar su anterior profesión; y el nivel de renta que percibía, así como si recibe pensión.

- Si es ama de casa, que se indique la ocupación del marido, y nivel de renta del mismo.

- Si está en el paro o en edad de no trabajar, señalar la profesión del perceptor de renta en la unidad familiar, así como su nivel de renta.

De esta forma se evitaría que los individuos que concurren en alguna de estas situaciones no respondan a la pregunta del nivel de renta, a la vez que permite obtener información complementaria que puede ser utilizada como indicativa del nivel de ingresos del que disfruta el individuo.

Por otro lado, el introducir una pregunta acerca del nivel de cualificación del individuo posibilita la obtención de información que pueda ser utilizada como indicativa o "proxy" del nivel de renta del mismo, y resulta ser menos problemática en cuanto que el individuo tiene menos incentivos para responder de forma sesgada a la misma. Además, esta información se suele utilizar para segmentar la muestra, permitiendo crear grupos más homogéneos dado que se dispondría de más información con la que complementarla.

Asimismo, el conocimiento de la ocupación del individuo sirve para aproximar, de alguna forma, el tiempo libre del agente. Esta variable es relevante en la medida en que influye en la determinación del valor subjetivo del tiempo, y por lo tanto en los parámetros de tiempo y coste estimados.

En relación a la pregunta del coste del viaje, es importante añadir algunas cuestiones que permitan conocer si el individuo es el que ha realizado el pago del billete.

La información acerca de la edad del agente, que no aparece en el cuestionario, hubiera sido aprovechada para segmentar la muestra según esta variable, y poder contrastar la hipótesis de que individuos con similares niveles de renta pero diferente edad (quizás como proxy de distintos tiempos libres) pueden presentar conductas diferentes que reflejan distintos hábitos de comportamiento.

Otro aspecto importante es que el cuestionario no identifica al encuestado, por lo que aparece el problema de que el mismo individuo haya sido encuestado en el trayecto Tenerife-Gran Canaria y Gran Canaria-Tenerife y al no poder identificarlo, se trate como a dos individuos distintos produciendo sesgos en la estimación; este hecho fue uno de los motivos por los que se decidió trabajar únicamente con un sentido (Gran Canaria-Tenerife). Sin embargo, hubiera sido interesante realizar las estimaciones con información del viaje completo -ida y vuelta-, ya que esto habría aportado mayor información.

Una pregunta que hubiera sido de gran interés para la realización de este estudio es la referida a la hora deseada por el pasajero para realizar su viaje; con este dato se hubiera podido calcular la diferencia de tiempo que hay entre el horario deseado y el real, introduciendo información acerca de la calidad del servicio. Asimismo hubiera sido deseable recoger el tiempo de espera en el que incurre el encuestado en la terminal/aeropuerto, con el objeto de conocer el tiempo total invertido en la realización del viaje. Igualmente es de destacar la ausencia de alguna pregunta referida al número de horas diarias que trabaja el individuo, con el objeto de poder obtener la denominada tasa de gasto, que en este estudio hubo que calcular suponiendo un número promedio de horas diarias de trabajo -8 horas- común a todos los individuos.

Por último, cabe señalar que al realizarse las encuestas en las estaciones marítimas y embarcaciones, así como en los aeropuertos y aviones, se pierde información del viaje completo que realiza el individuo, ya que no se dispone de ninguna información de éste una vez que llega a la estación marítima/aeropuerto de destino (únicamente se conoce el lugar hacia donde se dirige). Sin embargo, hubiera sido interesante conocer el tiempo y coste que le supone llegar hasta el destino final una vez que desembarca, así como el medio de transporte en el que se desplaza hasta el punto final de destino. Finalmente, se debería haber identificado el modo de acceso a la terminal/aeropuerto³.

³ Conociendo el modo de transporte en el que accede y en el que llega hasta el destino final, hubiera sido

4.3.- TRATAMIENTO DE LA ENCUESTA.

El tratamiento de la encuesta deriva de la necesidad de hacer operativa la información que contiene con el objetivo de poder realizar las estimaciones del modelo minimizando los sesgos que puedan inducir a resultados erróneos.

La primera elección que se hace es la de trabajar con sólo un trayecto (Gran Canaria-Tenerife); de esta forma se reduce la posibilidad de contabilizar dos veces al mismo individuo dado que en esta ruta existe un elevado número de pasajeros que realizan un trayecto a primeras horas de la mañana y luego regresan en la tarde-noche. El análisis previo de la muestra permite observar que la información contenida en el trayecto Tenerife-Gran Canaria es muy similar a la del trayecto Gran Canaria-Tenerife, con lo cual se puede eliminar uno de estos trayectos y trabajar con un menor número de observaciones para facilitar su tratamiento, a la vez que se asegura que las conclusiones que se extraigan se pueden generalizar para ambos sentidos del viaje.

Otro tratamiento que hay que realizar sobre la base de datos es el de eliminar todas aquellas observaciones donde los individuos no responden a determinadas cuestiones relevantes para la estimación del modelo; no obstante, en algunos casos se puede asignar un valor a determinadas preguntas a las que el individuo no contesta pero que de la información complementaria existente en el cuestionario se pueden deducir. Esto ocurre, por ejemplo, con la información acerca del precio pagado por el billete, de forma que cuando el individuo no responde el precio que ha pagado pero en cambio sí se conoce el tipo de bonificación al que se acoge, se le puede asignar el precio real sin necesidad de hacer ningún tipo de supuesto.

De esta forma las observaciones que corresponden a individuos que no responden a la pregunta de cuánto le ha costado el billete del viaje se tratan de la siguiente forma:

- Cuando el individuo no responde al precio pagado por su billete, pero sí se sabe que no disfruta de ningún tipo de bonificación, se le imputa la tarifa normal sin descuento; esto es, 3.770 pesetas para los individuos que viajan en avión, 4.950 para los del jet foil y 2.550 para los pasajeros del ferry.

- Si el individuo no revela el precio pagado pero sí el tipo de bonificación, se le asigna el precio

posible comprobar la fiabilidad de los tiempos y coste declarados por los individuos en estos trayectos.

que otros individuos en circunstancias similares revelan haber pagado. Sin embargo, cuando se acogen al tipo de bonificación que se agrupa en la encuesta bajo la rúbrica "otros", es imposible determinar con certeza el precio del billete que el individuo tuvo que pagar y, por lo tanto, se eliminan estas observaciones.

- Los individuos que manifiestan haber viajado gratis, es decir precio cero, se eliminan de la encuesta ya que no tiene sentido calcular con estas observaciones la probabilidad de elección del medio en cuestión. La mayoría de estos viajeros son personal de la empresa transportista y, por tanto, no se plantean la posibilidad de realizar su viaje en otro medio de transporte, aunque también puede tratarse de agentes ajenos a la empresa.

- El precio que pagan los individuos cuando deciden viajar con su vehículo se compone de la tarifa del pasajero y la del transporte del coche. La mayoría de los pasajeros que viajan en estas circunstancias realizan su viaje en ferry, ya que es el único medio disponible en esta ruta que permite viajar junto con el coche. Sin embargo, existe la posibilidad de que el individuo viaje en avión o jet foil y envíe su coche en el ferry, aunque la encuesta no permite identificar estas situaciones. Por esta razón se mantienen inicialmente en la muestra los individuos que viajan con su coche, imputando como precio del modo alternativo la tarifa de dicho modo -sea avión o jet foil- más la tarifa por transportar el vehículo en el ferry, que se aproximó a la correspondiente a un turismo y que asciende a 6.200 ptas⁴. También se examinó que sucedía con los resultados de la estimación al eliminar de la muestra a los pasajeros que viajaban con coche. De hecho, la muestra final con la que se realizan las estimaciones no incluye a los pasajeros que viajan en ferry porque llevan coche, aún cuando, tal y como se ha señalado, estos pasajeros podían en principio elegir otro medio y enviar su coche en ferry, ya que se entiende que esta posibilidad supone un mayor número de incomodidades y en esa medida estos pasajeros son en alguna manera cautivos del ferry.

Por otro lado, para estimar modelos en los que la variable renta sea una variable explicativa o se utilice como criterio de segmentación, se quitan de la muestra aquellos individuos que no declaran cual es su nivel de renta.

Otro tratamiento que hay que realizar con los datos de la encuesta, para poder conformar la

⁴ El utilizar esta tarifa para el transporte del coche en ferry se debe a que la mayoría de los pasajeros que viajan con coche han pagado dicho precio; además corresponde a la tarifa del tipo de coche más frecuente entre la población, ya que si por el contrario el pasajero viajara con un vehículo de mayores dimensiones el precio pagado hubiera sido superior a las 6200 pesetas.

muestra con la que se va a trabajar, consiste en eliminar a todos aquellos individuos de negocios en los que el medio de transporte fue impuesto, es decir, cuando viajan en ese medio por decisión de la empresa. En estos casos el individuo no es el que elige el modo de transporte y, con frecuencia, no paga su billete.

Dado que la encuesta permite conocer la razón de la elección del modo, se pueden identificar situaciones en las que, aún queriendo haber viajado en otro medio, el individuo no podía hacerlo por no haber billete disponible (demanda insatisfecha). El tratamiento que se sigue con este tipo de observaciones es el de considerar que esos individuos no tenían disponible la alternativa en la que querían haber viajado.

Así para imputar la disponibilidad de cada alternativa se consideró cuál era la oferta real de cada uno de los medios, considerando tanto el día como la hora a la que se realizaba el viaje. De forma que, si por ejemplo, un individuo viajaba a primera hora del lunes se debía considerar como disponible el avión y el jet-foil pero no el ferry, ya que a esa hora no opera ningún ferry. Este tratamiento hizo necesario eliminar de la muestra a los pasajeros de avión que realizaban su viaje en la tarde-noche (horas en las que no opera ni el jet-foil ni el ferry) debido a que son cautivos del avión y por lo tanto no existía ninguna probabilidad de elegir otra alternativa. De igual forma si el individuo viajaba algún día en que no operaba el ferry esta alternativa no estaba disponible en su conjunto de elecciones (choice set), y por lo tanto se debió considerar que las alternativas de las que disponía ese individuo eran únicamente el avión y el jet foil.

De esta manera se analiza a cada uno de los individuos del total de la muestra, estudiando cual es el día y la hora -o banda horaria- a la que realiza su viaje, con el objeto de identificar la oferta real disponible en cada momento del tiempo. Esta información se debe incluir en la estimación de los modelos, ya que una consideración importante en estos estudios es la disponibilidad de las alternativas a las que puede acceder el individuo.

Entre los individuos encuestados se dan situaciones donde el origen y/o destino de los mismos se encuentra fuera de las islas objeto de estudio; por ejemplo, en el caso de pasajeros que proceden de alguna otra isla y que están haciendo escala, o bien de pasajeros que vienen o van a algún país de Europa. En estos casos es imposible imputar cuales son las distancias recorridas hasta la terminal o aeropuerto y mucho menos poder estimar el tiempo empleado, por lo que se eliminan de la muestra.

Finalmente se eliminan los individuos que viajan en grupo, realizando excursiones organizadas,

ya que en este caso el agente decisor no suele ser el propio individuo, sino que la decisión la adopta algún agente ajeno -el organizador del viaje-; de ahí que difícilmente se puede dar una relación entre las características individuales y el modo elegido.

Por otro lado, dada la descompensación que hay entre el número de individuos en avión y en jet-foil respecto a los del ferry, se opta por introducir también los pasajeros de ferry en el trayecto Tenerife-Gran Canaria. Este tratamiento es menos problemático en el caso del ferry ya que se trata de un menor número de observaciones y por lo tanto, es posible comparar a los individuos de cada trayecto, con el propósito de evitar contabilizar dos veces al mismo individuo. Así si existen dos individuos idénticos en todas sus características -motivo de elección del medio, frecuencia con la que realiza el viaje, lugar en el que vive y motivo de elección del medio- se elimina uno de ellos, por entender que se trata de un único viajero que se encuestó en el trayecto de ida y vuelta.

Una vez tenida en cuenta todas las consideraciones anteriores, el número de observaciones en la base de datos se reduce a 2.106. Este tamaño muestral cambia en función del modelo que se estima ya que algunos modelos incluyen variables sobre las que no se tiene información para todos los individuos y por lo tanto hay que eliminar a aquellos que no responden a la variable en cuestión.

Obtenida la muestra final, es necesario hacer un tratamiento adicional para poder realizar las estimaciones del modelo. En efecto, a cada individuo en la muestra se le debe generar dos conjuntos de datos más para cada una de las variables explicativas consideradas. Esto es, si el individuo viaja en avión, hay que imputarle cual es el precio que hubiera tenido que pagar en ferry y en jet foil, lo mismo ocurre para el tiempo de viaje (tiempo de acceso a la terminal/aeropuerto, tiempo en vehículo y tiempo desde la terminal/aeropuerto hasta el destino final), distancias de acceso a la terminal y aeropuerto, distancias hasta el destino final y frecuencias ofrecidas por los medios alternativos. De esta forma por cada individuo tenemos la observación real y dos más, que son las que se corresponderían si el individuo hubiese viajado en los dos modos alternativos.

A partir de la muestra total se realizan una serie de segmentaciones con el objeto de recoger comportamientos diferentes. Las segmentaciones que se realizan no siempre consisten en partir la muestra según los grupos considerados, sino que en ocasiones lo que se hace es estimar un único modelo con la totalidad de la muestra e introducir coeficientes específicos de las distintas submuestras consideradas. Esto presenta algunas ventajas econométricas en el caso de muestras pequeñas.

El tratamiento expuesto permite configurar distintas submuestras con las que se realizarán las estimaciones de este estudio. Así en los cuadros 4.1 y 4.2 se muestran cuales son las frecuencias de elección y disponibilidad en cada medio de transporte para la submuestras consideradas.

Cuadro 4.1: Elección y Disponibilidades

Modo	% que lo elige		% que lo tiene disponible	
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2
AVIÓN	45,01	44,26	99,86	99,83
JET FOIL	50,28	50,33	99,90	99,88
FERRY	4,70	5,41	16,66	17,28

Muestra 1: Total de pasajeros, N=2106

Muestra 2: Sin pasajeros que no declaran el nivel de renta, N=1794.

Cuadro 4.2: Elección y Disponibilidades

Modo	% que lo elige			% que lo tiene disponible.		
	(Y1)	(Y2)	(Y3)	(Y1)	(Y2)	(Y3)
AVIÓN	47,97	45,91	42,06	100,00	99,72	100,00
JET F	45,53	51,93	57,14	100,00	99,90	99,60
FERRY	6,50	2,16	0,79	15,45	15,15	12,70

(Y1): Individuos con renta inferior a 150.000 ptas/mes.

(Y2): Individuos con rentas comprendidas entre 150.000 y 400.000 ptas/mes.

(Y3): Individuos con rentas superiores a 400.000 ptas/mes.

4.4.- SELECCIÓN DE LAS VARIABLES EXPLICATIVAS.

Las variables explicativas consideradas para el análisis de la demanda se introducen tanto como variables genéricas, como específicas de cada alternativa en cuyo caso la denominación de la variable termina en "AV", "JF", o "FER" refiriéndose al avión, jet foil y ferry respectivamente.

Además todos los modelos estimados incluyen constantes modales; en concreto se introduce una constante en la función de utilidad del jet foil y otra para el ferry, las cuales se denominan respectivamente "CTE.JET" y "CTE.FERRY"; esto es, se deja como alternativa de referencia al avión. Con la introducción de estas constantes modales se asegura que los modelos estimados reproducen las proporciones de mercado observadas para cada uno de los medios de transporte.

Las variables seleccionadas para la estimación de los modelos se agrupan en dos categorías que son variables de niveles de servicio y variables socioeconómicas, y se presentan a continuación.

4.4.1.- Variables de Niveles de Servicio.

4.4.1.1.- El precio.

El precio que se conoce es el coste del billete, siendo la tarifa normal sin ningún tipo de descuento de 3.770 pesetas para el avión, 4.950 para el jet foil y 2.550 en el ferry.

El análisis de la muestra permite observar que la mayoría de los viajeros en avión pagan el precio del billete sin ningún tipo de bonificación, esto es un 61,8% de los viajeros pagan 3.770 pesetas por su billete, y a un 33,6% de los pasajeros les cuesta su billete 3.390 pesetas debido a que se acogen a la bonificación por residencia. Los demás tipos de bonificaciones a los que se puede acoger el pasajero no parecen ser significativos en cuanto al número de pasajeros encuestados que disfrutaron de ellas. Por tanto, en el caso del avión aparecen principalmente dos precios diferentes.

El precio que paga un 55% de los encuestados en jet foil es el precio del billete sin ningún tipo de bonificación esto es, 4.950 pesetas. Un 11,3% de los pasajeros del jet foil pagan 4.455 pesetas, es decir tienen una bonificación del 10% sobre la tarifa general de pasajeros por residencia en las islas Canarias. El resto de los precios pagados no supone ningún porcentaje significativo sino que se da una variedad bastante desagregada dentro de la muestra.

El precio que pagan los pasajeros del ferry está muy diversificado entre la población encuestada, un 12,8% de los pasajeros viajan gratis⁵, un 6,4% pagan 2.550 pesetas y un 4,7% paga 8.750 pesetas, lo cual indica que viajan con su coche. Del resto de las tarifas pagadas ninguna supera el 3% de los encuestados.

⁵ Estos pasajeros se eliminan para la estimación de los modelos, tal y como se señaló anteriormente.

Se observa como más de la mitad de los pasajeros del ferry -un 57,4%- tienen algún tipo de bonificación en el precio del viaje a diferencia de los medios anteriores, un 36,1% para el avión y un 37,7 para el jet foil.

Esta variable se introduce en el modelo de varias formas; en una primera aproximación se introduce como variable explicativa el precio del billete pagado por el individuo (PRECIO), ya que es la única información que se puede obtener a partir del cuestionario en la medida en que la mayoría de los encuestados no responden al coste de acceso o declaran valores poco fiables y además no se tiene información de cual es el coste hasta el destino final.

También se considera la variable PRECIO afectada por el nivel de ingreso medio del intervalo de renta al que pertenece el individuo, en concreto se introduce la denominada tasa de gasto como variable explicativa ((I/T-W), I: ingreso familiar per cápita, T: número de horas al día, W: número de horas de trabajo diarias; estas variables se expresaron en términos mensuales)⁶, de esta forma se intenta contrastar si es cierta la hipótesis de que a medida que aumenta el nivel de renta disminuye la importancia que los individuos conceden al coste.

Asimismo, el coeficiente del precio estimado para cada una de las submuestras de renta recoge la utilidad marginal de la renta y es de esperar que vaya decreciendo a medida que aumenta el nivel de renta. Por lo tanto, se deben obtener distintos valores para el parámetro del precio en cada una de las submuestras de renta. El problema de este último enfoque es que en algunas ocasiones las submuestras son muy pequeñas y por tanto no se da una gran variabilidad de las variables entre los individuos, lo cual hace que se obtengan peores resultados; por este motivo en este trabajo lo que se hace es estimar modelos con la totalidad de la muestra pero con parámetros de precio específicos para las submuestras de renta consideradas.

Además, si queremos segmentar según el motivo del viaje, se estiman coeficientes distintos para cada uno de los motivos considerados utilizando un único modelo que utiliza toda la muestra

⁶ La aproximación propuesta por Train y McFadden (1978) de dividir el coste por la renta se apoya en la hipótesis de que la renta puede aproximarse al salario. Se trata de utilizar el ingreso personal líquido de cada agente dividido por el número de horas que éste declara trabajar al día; esta especificación proviene del concepto de "salario horario" (cantidad que solicitaría el individuo por trabajar una hora adicional), además el salario se considera endógeno en el proceso de decisión. Sin embargo, dado que ninguno de estos supuestos puede considerarse válido en este estudio se ha optado por no introducir este enfoque.

pero introduciendo un coeficiente del precio específico para los individuos de negocio, otro para los individuos de ocio, estudios y otros, e igualmente se hace con los coeficientes estimados para el tiempo. Este enfoque se aplica también cuando se intenta recoger el comportamiento diferenciado según los niveles de renta y la frecuencia con que se realiza el viaje.

La variable precio también se utiliza para estudiar la existencia de un efecto ingreso. Así según la metodología propuesta por Jara-Díaz y Videla (1989) la introducción del precio elevado al cuadrado permite detectar un efecto ingreso en estos modelos, que hace necesario segmentar la muestra según los distintos niveles de renta, y que se realiza en este estudio.

Por último, se estima también un modelo donde el coste se recoge a través de dos variables; una que es la tarifa, o precio del billete, y otra que se refiere al resto del coste (coste de acceder a la terminal/aeropuerto y coste hasta el destino final), los resultados de estas estimaciones se presentan en el Anexo 4.1 (véase cuadro A.4.9).

4.4.1.2.- El tiempo.

En este estudio se analiza la variable tiempo de dos formas; en primer lugar se considera el tiempo total del viaje y en segundo lugar se desagrega en los distintos componentes de tiempo que se dan en la realización del viaje.

El tiempo total -calculado en minutos y denominado tiempo generalizado (TGEN)- es igual a la suma del tiempo invertido desde el origen hasta el aeropuerto o terminal, el tiempo en vehículo -avión, jet foil o ferry- y, finalmente el tiempo desde el aeropuerto o estación marítima de destino hasta el destino final.

Además en el caso de la alternativa avión se le suma un tiempo de espera de treinta minutos. Este tratamiento obedece a que, aunque no es posible conocer el tiempo de espera en la terminal o aeropuerto a través de la encuesta presentada, se considera que hay que penalizar la alternativa de viajar en avión de algún modo ya que a pesar que en todos los medios analizados existe un tiempo de espera lo cierto es que en el caso del avión se da la obligación de estar en el aeropuerto con antelación, existiendo un tiempo mínimo de espera de veinte minutos cuando no hay que facturar equipaje y de media hora en caso contrario. De ahí que a la variable del tiempo total se le sume, en el caso del avión, treinta minutos más en concepto de tiempo de espera. En el caso del jet foil y el ferry no se puede imputar ningún tiempo de espera, pero dado que este modelo

funciona haciendo comparaciones entre las alternativas, parecía interesante que aparezca esa diferencia entre el avión, el jet foil y ferry, que lo que está mostrando es que los pasajeros en avión respecto a los otros dos modos incurren en un tiempo de espera mayor. Sin embargo, cuando la especificación del modelo introduce las variables de forma desagregada, la variable del tiempo de espera en el avión no se puede introducir ya que, tal y como se crea, tendría el carácter de una constante modal específica del avión, y produciría problemas de estimación dado que ya existen dos constantes modales y este es el máximo estimable en un modelo trinomial.

El tiempo del viaje en avión desde Tenerife a Gran Canaria es aproximadamente de treinta y cinco minutos en el CS5 (Casa/Nusantara CN-235), de treinta minutos en el ATR (Aeropastiale Aeritalia ATR-72) y veinticinco minutos en el DC9 (McDonnell Douglas DC-9, serie 10 y 20), por lo que se imputa un valor medio de treinta y tres minutos. El tiempo en el vehículo también es constante en los otros modos siendo de ochenta minutos en el jet foil y cuatro horas en ferry.

Los tiempos de acceso a la terminal/aeropuerto son los declarados por los individuos y el tiempo de llegada al destino final se obtiene a partir de la información disponible en organismos públicos competentes, debido a que no existe una matriz de tiempos de viaje para el transporte terrestre público y privado.

La variable tiempo generalizado (TGEN), que es la suma del tiempo de acceso, tiempo en vehículo, tiempo hasta el destino final y el tiempo de espera en el caso del avión, se introduce tanto como específica de cada alternativa, como en forma genérica.

En otros modelos las variables aparecen a nivel desagregado, es decir se estima un coeficiente para el tiempo de acceso (TACC), otro para el tiempo hasta el destino final (TDES) y otro para el tiempo en vehículo (TVEH).

4.4.1.3.- La frecuencia.

Esta variable refleja cuál es la frecuencia diaria ofrecida por cada uno de los medios de transporte, y es una variable de calidad de servicio.

La introducción de esta variable se hace a través de la creación de otra variable que se denomina capacidad relativa, y que recoge no sólo la frecuencia sino también la capacidad total ofrecida por cada medio. Esta variable (CAP.REL) es el cociente entre la capacidad diaria ofrecida por

cada medio y la capacidad total que existe ($CAP.REL = (FREQ * N^{\circ} \text{asientos ofrecidos}) / \text{Capacidad total}$), siendo la capacidad total la suma de las ofertas diarias de cada medio⁷.

La frecuencia diaria ofrecida por el avión y el jet foil en la semana en que se realizó la encuesta se presenta en los cuadros 4.3 y 4.4.

En el caso del avión la hora en que se realiza el viaje viene dada por el horario de los vuelos ofrecidos por la compañía Binter Canarias en la línea Gran Canaria-Tenerife y en el caso del jet foil obedece a la frecuencia ofrecida por la compañía Trasmediterránea en esta línea.

Y finalmente en el caso del ferry, la frecuencia computada la semana de la encuesta fue de dos días, los lunes a las 16 y 17 horas y los miércoles a las 14, 15, 16 y 17 horas⁸.

⁷ El número de asientos promedio en el avión es 55, en el jet-foil 286, y en el ferry 1.000. Esta era la oferta vigente en el año que se realizó la encuesta ya que los ferrys que operan actualmente tienen una capacidad de sólo 270 asientos.

⁸ La oferta del ferry es escasa a lo largo de la semana, sobre todo durante los últimos meses de 1992. En la temporada del 14-9-92 al 17-1-93, se reduce a tres salidas semanales en el sentido Las Palmas-Tenerife los lunes, miércoles y sábados y cuatro en el sentido Tenerife-Las Palmas los lunes, miércoles, jueves y domingos.

Cuadro 4.3: Horario de vuelos ofrecido por la compañía Binter Canarias en la línea Gran Canaria/Tenerife

Horario de Vuelo	Frecuencia
7:00	Diario
7:30	Diario
10:10	Diario
12:00	Diario
13:50	Diario
15:30	Lunes, Viernes y Domingo
16:00	Lunes, Martes, Miércoles, Jueves, y Sábado
16:30	Diario
17:30	Diario
18:00	Diario
20:00	Diario
21:20	Diario

Cuadro 4.4: Horario de viaje ofrecido por el jet foil en la línea Gran Canaria/Tenerife.

Horario de viaje	Frecuencia
7:00	Diario, excepto Domingo
8:00	Diario, excepto Domingo
9:00	Diario
10:00	Diario, excepto Lunes
15:00	Diario
16:00	Diario
17:00	Diario
18:00	Lunes, Martes, Miércoles, Viernes y Domingo

4.4.2.- Variables Socioeconómicas.

En este apartado existen diferentes tipos de variables; referidas al motivo del viaje, nivel de ingresos del individuo y a la frecuencia con que éste realiza el viaje. El efecto de este tipo de variables se puede medir de varias formas: introduciendo variables específicas de alguna de las alternativas, incorporando algunos atributos como específicos de cada uno de los segmentos considerados o bien segmentando la muestra.

El introducir este tipo de variables como específicas de las distintas alternativas no parece un enfoque razonable ya que no existe ninguna información a priori que lo justifique; por ejemplo, introducir una variable dummy del motivo de viaje específica para cada alternativa supondría que los individuos con distintos motivos de viaje se comportan de forma diferente según el medio en el que viajen. Si esto se hiciera por ejemplo, para los viajeros de negocios, querría decir que estos agentes se comportan de forma diferente según viajen en avión, jet foil o ferry, suposición que parece muy poco probable.

Por otro lado, el segmentar la muestra a veces ocasiona problemas en la medida en que pueden resultar submuestras muy pequeñas donde no se da una gran variabilidad en las variables consideradas y por tanto no se produzcan resultados correctos. Por estos motivos algunos de los modelos que se presentarán introducen este tipo de variables afectando a los atributos de las alternativas (tiempo, precio), con lo que se consiguen estimar coeficientes diferentes para estas variables según los distintos segmentos considerados, todo ello dentro de un único modelo, tal y como veremos posteriormente. Asimismo, en el caso de la variable referida al nivel de ingresos se hace un tratamiento adicional, que consiste en considerarla específica de una alternativa⁹.

La forma de introducir la renta en este tipo de modelo en la literatura ha sido muy problemática y aún hoy se observa que no existe un consenso acerca de cuál es la mejor forma, tal y como se señaló en el capítulo 3. Por este motivo en este estudio se prefiere optar por la aproximación de considerar comportamientos diferenciados según los distintos niveles de renta; además se aplica la metodología propuesta por Jara-Díaz y Videla (1989) para detectar la existencia de un efecto ingreso.

Las muestras que se generan al considerar el motivo del viaje son: negocios, turismo, estudios y

⁹ Debe tenerse cuidado en la interpretación de la variable renta que se introduce de esta forma, tal y como se verá posteriormente en el comentario de los resultados.

otros. En el caso de la renta se dan tres submuestras para los modelos trinomiales, rentas inferiores a 150.000 ptas/mes, entre 150.000 y 400.000 ptas/mes y rentas superiores a 400.000 ptas/mes; en los modelos binomiales también aparecen tres submuestras aunque obedecen a un agrupamiento distinto que consiste en rentas inferiores a 250.000 ptas/mes, rentas entre 250.000 y 400.000 ptas/mes, y rentas superiores a 400.000 ptas/mes. Estas diferencias en la definición de los estratos de ingresos se deben a que el análisis econométrico aconseja agrupar de forma diferente y se explican en la medida en que se está trabajando con poblaciones distintas; en el caso de los modelos trinomiales se trata de la totalidad de los pasajeros y además se incluyen los viajeros del ferry que se caracterizan por menores niveles de renta; por su parte en los modelos binomiales sólo se trabaja con los individuos de negocios que viajan en avión y en jet foil y que tienen unos mayores niveles de renta. De ahí que no debe sorprender que resulten distintas segmentaciones. Así, se observa que en los modelos trinomiales es necesario segmentar en rentas inferiores a 150.000 ptas/mes, lo que obedece a que en este estrato se agrupan sobre todo los pasajeros del ferry que tienen un comportamiento diferente y que antes no se incluían en la muestra de los modelos binomiales.

Finalmente cuando se considera la frecuencia con que el individuo hace el viaje, se forman tres grupos: pasajeros que realizan su viaje diariamente o más de una vez a la semana, pasajeros que viajan una vez a la semana y una vez al mes, y pasajeros que realizan su viaje una vez al año o sólo ese día o nunca.

Otra variable explicativa de la elección del medio de transporte y que se obtiene a partir del cuestionario, es el motivo por el que se ha elegido el medio en cuestión. Esta es una variable cualitativa que no puede incorporarse directamente en el análisis pero que sin embargo nos da información sobre las características que resultan relevantes para el individuo a la hora de elegir en qué medio viajar y que, en última instancia, aparece recogida en las constantes específicas que se introducen en los modelos.

Además se han utilizado otras variables y otros modelos en el proceso de selección, algunos de los cuales se presentan en el Anexo 4.1.

4.5.- ESPECIFICACIÓN DEL MODELO.

La estimación de la demanda de transporte se fundamenta en el modelo de utilidad aleatoria, donde la función de utilidad derivada de la alternativa j para el individuo i es

$$U_{ij} = V_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (4.1)$$

La forma funcional de la utilidad representativa V_{ij} , con la que se trabaja en la mayoría de los modelos a excepción de las estimaciones de tipo Box-Cox, es la lineal; lo que supone que la utilidad derivada de la alternativa j para el individuo i es una función lineal de los atributos medibles de la alternativa y del individuo; de esta forma si X_{ijl} representa el valor del l -ésimo atributo de la alternativa j para el individuo i se tiene que:

$$U_{ij} = \sum_{l=1}^L X_{ijl} * \beta_{jl} + \varepsilon_{ij} \quad (4.2)$$

donde los β_{jl} son parámetros a ser estimados.

Se plantean modelos en el que el vector β no cambia con los individuos; es decir, se asume que no existen variaciones en los gustos. Este supuesto no es tan restrictivo como pudiera parecer a priori ya que es posible realizar diferentes modelos para distintos grupos socioeconómicos con comportamientos diferenciados; esto es, podrían estimarse distintos modelos para cada uno de los segmentos de mercado que se hubieran considerado. Sin embargo, cuando se quiere contrastar el conocimiento de la incidencia que tienen determinadas variables sobre los distintos segmentos del mercado, es posible que un único modelo recoja este hecho. Se trata de introducir las variables explicativas de forma que consideren las hipótesis que se quieren contrastar acerca del mercado; en este sentido no es inusual encontrarse en la mayoría de las especificaciones con, por ejemplo, la variable coste dividida por el ingreso personal como reflejo de la consideración que individuos con niveles de renta alto son menos sensibles a los precios.

El elemento aleatorio ε recoge variaciones sobre alternativas e individuos y el hecho de que la función de utilidad que se utilice sea la lineal no impide que los atributos de las alternativas y las características socioeconómicas de los individuos puedan ser introducidos bien en forma logarítmica, exponencial u otras formas.

Los atributos individuales pueden incorporarse a la matriz X a través de interacciones con las

variables de características de las alternativas o bien a través de variables ficticias específicas de cada alternativa.

Por ejemplo, tal y como señala McFadden (1975), si consideramos que el tiempo de viaje es un atributo que se percibe de forma diferente en cada una de las alternativas, éste se puede introducir en el modelo de diferentes formas. Se puede primero definir una única variable cuyos valores sean los tiempos de viaje de cada alternativa con lo que se obtendría una ponderación genérica para el tiempo de viaje, y luego, se pueden crear tres variables, una que represente el tiempo de viaje para $j=1$ y que tome valores cero para las otras alternativas, otra variable que tome valores cero para $j=1,3$ y los valores del tiempo de viaje para $j=2$, y una tercera variable con los valores del tiempo para $j=3$ y cero para $j=1$ y 2 . De esta forma obtendríamos parámetros diferentes para el tiempo de viaje según se trate de la opción $j=1$, $j=2$ ó $j=3$. Este tipo de variables se denominan variables específicas, ya que aparecen en todas las alternativas con distinto parámetro o bien no aparecen en alguna alternativa, en contraposición con las variables denominadas genéricas que aparecen en todas las alternativas con el mismo parámetro. En este estudio se realizan estimaciones de los dos tipos sobre las cuales se aplican determinados test estadísticos que permiten averiguar si las diferencias entre los distintos parámetros considerados -parámetros específicos- son estadísticamente significativas o no (Ortúzar, 1982).

Además, generalmente en la especificación de los modelos se suele introducir las denominadas constantes modales específicas que intentan recoger los efectos de variables no observadas, errores de medición, etc.

Dado que no se conoce el componente estocástico de la función de utilidad aleatoria, la preferencia por la alternativa j debe expresarse en términos de probabilidad y asumir una determinada función de distribución de probabilidad para el término estocástico, con lo cual se puede derivar un modelo de elección individual.

Como se vió en el capítulo 3, si se considera que los términos estocásticos están idéntica e independientemente distribuidos Gumbel con media cero y varianza σ^2 el modelo que resulta es el logit multinomial, cuya expresión analítica es

$$P_{ij} = \frac{e^{V_{ji}}}{\sum_{j=1}^J e^{V_{ji}}} \quad (4.3)$$

Cuando se consideran relaciones de dependencia entre alternativas, lo que se conoce como

alternativas correlacionadas, se puede plantear un modelo logit jerárquico, cuya especificación también fue analizada en el capítulo anterior. En este estudio la estructura considerada agrupa en un nido al avión y al jet foil, representando una "alternativa compuesta", dado que se supone que dichos medios son más similares entre sí frente al ferry, véase gráfico 4.1. Además esta será la estructura que siempre se propone para cualquier modelo jerárquico que se estime.

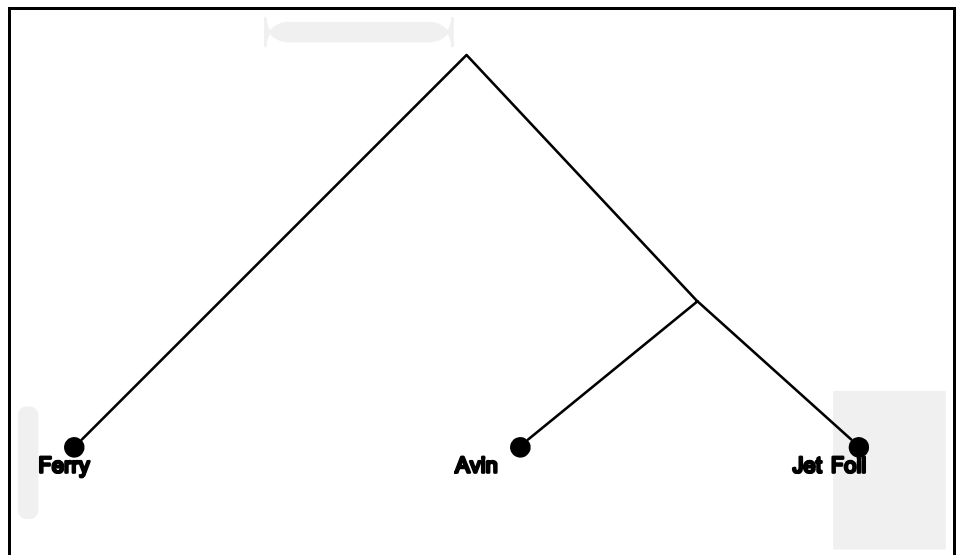


Gráfico 4.1: Estructura jerárquica propuesta.

Posteriormente se realizan estimaciones de modelos logit para una función de utilidad tipo Box-Cox, definida en el capítulo anterior, donde se estima la transformación (λ) que es necesario aplicar a las variables y que mejor se ajusta a los datos.

En la estimación de los modelos Logit Simple y Jerárquico, ambos con funciones de utilidad lineales, se utiliza la versión 3.2 del paquete estadístico "ALOGIT" (Daly, 1992), dado que permite estimar en forma simultánea los modelos de tipo jerárquico, evitando los problemas del método secuencial. La estimación de los modelos de tipo Box-Cox se realizan con el paquete estadístico "TRIO, Versión 1.0" (Gaudry et al, 1993), y por último las estimaciones de los modelos binomiales se realizan con el paquete "Limdep" versión 6.0 (Greene, 1991).

4.5.1.- Selección y Estimación de los Modelos de Demanda.

En este apartado se presentan distintas especificaciones para los modelos de demanda, que obedecen a diferentes planteamientos del problema. Así en una primera aproximación se estudian modelos binomiales entre el avión y el jet foil considerando tanto la especificación del modelo logit como la del probit binomial. Posteriormente, se amplía el conjunto de elección y se introduce una tercera alternativa (el ferry), que se había dejado fuera en la primera etapa, estimando modelos multinomiales a través del logit simple y jerárquico. Veamos a continuación los modelos que se derivan de cada uno de estos planteamientos del problema.

4.5.1.1.- Primeras aproximaciones: modelos binomiales.

El primer acercamiento al análisis de la estimación de la función de demanda consiste en plantear modelos binomiales en los que los modos de transporte considerados son el avión y el jet foil¹⁰. Esta primera aproximación considera que se debe excluir el ferry dada la escasa importancia de este modo, en cuanto al número de pasajeros transportados, así como su elevado consumo de tiempo y su menor frecuencia ofrecida en relación a los otros dos modos.

Este análisis se realiza fundamentalmente sobre aquellos pasajeros que se consideran más característicos del trayecto Gran Canaria/Tenerife y que, tal y como se comprobó en el capítulo 2, son los pasajeros que viajan por motivos de negocio. Por tanto, sobre esta submuestra de pasajeros se realizan estimaciones de modelos logit y probit binomiales. En esta primera etapa, se presentan especificaciones muy sencillas en las cuales se introducen las variables en términos agregados y definidas en diferencias, de forma que se estima la probabilidad de viajar en avión en función de la diferencia de tiempo generalizado entre avión y jet foil, y la diferencia de precios de ambos modos, además se añade una constante específica para la alternativa del avión.

El principal objetivo de esta etapa es detectar un comportamiento diferenciado según los niveles de renta declarados por los individuos. De forma que se estiman modelos para los viajeros de negocios segmentados por renta.

La primera especificación que se realiza sobre esta submuestra es la del logit binomial cuyos resultados para cada uno de los segmentos de renta considerados $-(Y1)$: rentas inferiores a

¹⁰ Este planteamiento se siguió en algunos trabajos previos (véase González-Marrero et al, 1994a; 1994b).

250.000 ptas/mes, (Y2): rentas entre 250.000 y 400.000 ptas/mes e (Y3): rentas superiores a 400.000 ptas/mes- se muestran en el cuadro 4.5.

Por su parte, los resultados de la especificación del modelo probit binomial aparecen el cuadro 4.6, igualmente definidos para cada uno de los segmentos de renta considerados. Se trata de la especificación de un probit binomial independiente donde σ es igual a uno.

Las estimaciones de los parámetros de la función de utilidad que derivan del logit binomial se aproximan a las del probit binomial al multiplicar las primeras por $3^{1/2}/\pi$ o por 0,625 como sugiere Amemiya (1981). En las estimaciones presentadas se cumple que los coeficientes del modelo logit binomial ponderados por dicho factor son muy similares a las del probit binomial, dándose las mayores diferencias para la submuestra de rentas superiores a 400.000 ptas/mes. Ello se debe a que al tratarse de una muestra muy pequeña la variabilidad de las variables es menor, por lo que los resultados de la estimación son peores.

Cuadro 4.5: Comparación de los coeficientes de precio y tiempo para la submuestra de viajeros por motivos de negocio. Modelos logit Binomiales.

Variabes	(Y1)	(Y2)	(Y3)
PRECIO	-0,0305 (-1,1)	-0,008 (5,431)	-0,0027 (-4,547)
TGEN	-0,059 (-6,277)	-0,0583 (-4,378)	-0,0692 (-4,081)
Log-L(γ)	-278,72	-187,61	-131,76
Log-L(c)	-433,14	-263,2	-179,29
$\rho^2(c)$	0,357	0,287	0,265
LR(C)	308,8	151,2	95,06
N	628	380	259

Nota: Los valores que aparecen entre paréntesis son los estadísticos t.

Cuadro 4.6: Comparación de los coeficientes de precio y tiempo para la submuestra de viajeros por motivos de negocio. Modelos Probit Binomiales.

Variabes	(Y1)	(Y2)	(Y3)
PRECIO	-0,0165 (-1,078)	-0,0037 (-7,343)	-0,0007 (-5,988)
TGEN	-0,0357 (-6,642)	-0,0357 (-4,679)	-0,0384 (-4,394)
Log-L(γ)	-278,60	-190,44	-142,26
Log-L(c)	-433,14	-263,2	-179,29
ρ^2 (c)	0,357	0,276	0,206
LR(C)	309,08	145,52	74,06
N	628	380	259

Nota: Los valores que aparecen entre paréntesis son los estadísticos t.

Ambas especificaciones -modelos logit y probit binomiales- producen unos valores de los estadísticos de bondad de ajuste muy similares, presentando unos valores de los ρ^2 casi iguales. De ahí que sea muy difícil en esta etapa elegir cuál de las especificaciones debe considerarse más idónea. Sin embargo, en el capítulo posterior, cuando se deriven los valores del tiempo para cada modelo éstos van a ser diferentes, ya que como se observa los coeficientes de tiempo y coste estimados son distintos, por lo que será el conocimiento del mercado el que permita decidir qué valores se consideran más próximos a la realidad y de esta forma qué modelo parece ser el más apropiado.

4.5.1.2.- Modelos multinomiales.

Esta segunda etapa obedece a un planteamiento diferente al presentado previamente, en el cual se consideran las tres alternativas existentes para realizar un viaje interinsular en la línea Gran Canaria-Tenerife. La hipótesis que apoya este planteamiento se basa en que la menor frecuencia ofrecida por el ferry no debe ser motivo para desechar esta alternativa del análisis, ya que los modelos multinomiales estimados consideran la disponibilidad de cada una de las alternativas, con lo cual quedará recogido que el ferry es un medio con una disponibilidad menor que la de los otros dos modos. Asimismo, la menor cuota de mercado de este medio tampoco parece justificar la exclusión del mismo, dado que los modelos multinomiales que se estimarán introducen dos

constantes modales y por lo tanto van a reproducir las cuotas de mercado observadas para cada uno de los modos de transporte, por lo que éste no parece un problema de cara a la estimación. Finalmente, se debe indicar que la introducción de esta alternativa en el análisis permite contrastar comportamientos que no se podían derivar del análisis hecho en la primera etapa; en efecto, se trata de averiguar si los individuos en su proceso de elección enfrentan a determinadas alternativas como más próximas. Este planteamiento se realiza agrupando las alternativas del avión y el jet foil, dado que todos los indicadores que se obtuvieron en el capítulo 2 mostraban como estos dos modos se enfrentaban a una composición de la demanda casi idéntica y como se podía derivar que los individuos las consideraban como sustitutivas entre sí a diferencia del ferry. Así los modelos multinomiales van a permitir plantear estructuras más complejas como las del logit jerárquico, en las cuales se puede contrastar la existencia de alternativas correlacionadas entre sí como reflejo de la semejanza que existe entre ellas de cara al viajero. De esta forma en este apartado se estiman, tanto, modelos logit lineales, como modelos logit jerárquicos.

Se plantean diversas especificaciones que incluyen variables de distinta naturaleza, a la vez que se presentan algunos modelos que introducen variables diferentes a las consideradas dentro de este epígrafe, tales como las distancias o los valores del coste de acceder a la terminal/aeropuerto y de llegada al destino final, cuyos resultados se presentan en el Anexo 4.1 debido fundamentalmente a dos hechos; por un lado, a que -cuando se utilizan las distancias- no se pueden extraer medidas importantes para este estudio, tales como el valor del tiempo, y por otro, por considerarse resultados alternativos a los presentados en este capítulo.

El planteamiento seguido en este análisis ha sido el de realizar distintas estimaciones que van desde los modelos más sencillos -coeficientes genéricos y variables de carácter agregado- a los más completos que incluyen coeficientes específicos y variables a nivel desagregado. Sin embargo, en las especificaciones que se realizan nunca se introducen los precios como específicos de cada alternativa, debido a que esto se suele justificar en aquellos casos donde existe alguna alternativa cuyo precio no supone un desembolso físico de dinero, sino que se trata del denominado coste "out of pocket", como puede ser el caso del coche, donde es lógico mantener que se valore el coste de forma diferente. Sin embargo, en las condiciones de los medios de transporte analizados en este estudio no se da esta situación, y de ahí que no parece oportuno realizar esta diferenciación en la percepción del precio pagado por el billete de cada uno de los modos considerados.

Dado el elevado número de especificaciones que se pueden plantear se ha optado por realizar un análisis simultáneo de comparación entre los modelos estimados, con el objeto de ir desechando algunos de ellos, los cuales se han dejado en el Anexo dado que son modelos que poseen las

variables con signo adecuado y buenos valores de los estadísticos, a la vez que se utilizan para comparar con los resultados que se presentan dentro de este epígrafe.

La metodología seguida para conocer si las especificaciones genéricas o específicas se pueden considerar distintas, consiste en realizar un análisis de similitud de los coeficientes; para ello se utiliza el test de "razón de verosimilitud para restricciones lineales de una hipótesis más general" (ver Anexo 3.1), con este test se puede averiguar si las variables introducidas deben ser, o no, consideradas específicas de cada alternativa.

Este test se suele utilizar para estudiar problemas de homogeneidad, genericidad, no-linearidad y variación de gustos (por ejemplo, que personas con distinto ingresos perciban ciertas cosas de forma diferente). De ahí que posteriormente también se utilice para comprobar si existe un comportamiento diferenciado entre la población según determinadas variables socioeconómicas.

Antes de presentar los modelos con los que se va a trabajar, conviene hacer una breve descripción de cuál ha sido la rutina de trabajo que se ha llevado a cabo en el planteamiento de las distintas especificaciones.

Inicialmente se plantean modelos con coeficientes genéricos y posteriormente con coeficientes específicos, este planteamiento se hace para cada una de las especificaciones que se realizan; esto es, cuando se introducen las variables de carácter agregado así como cuando son a nivel desagregado¹¹. Una vez planteadas las distintas especificaciones se aplica el test anteriormente mencionado para averiguar si se debe mantener o no la especificación genérica, de forma que aquellos modelos que se van descartando se mantienen en el Anexo 4.1 tal y como se señaló anteriormente.

La primera aproximación que se realiza consiste en estimar modelos que constan de variables de carácter agregado -la variable tiempo es la del tiempo generalizado (TGEN)¹²-, así como genéricas ya que se incluyen con un coeficiente común en las tres alternativas (véase Mod (A.1)

¹¹ En los modelos presentados no se incluyen los viajeros del ferry que llevan su coche; sin embargo, se realizaron algunas estimaciones en las que sí se incluían estos viajeros y se observó como se producían resultados muy similares -los coeficientes son prácticamente iguales en la mayoría de los casos-. De ahí que se decida no presentarlos en este estudio para no repetir resultados similares a los ya mostrados.

¹² La introducción de esta variable supone la estimación de un único coeficiente común para los distintos tipos de tiempo -tiempo de acceso, tiempo de destino y tiempo en vehículo-.

y Mod (A.2) en el Anexo 4.1, cuadro A.4.1); se trata por tanto de la especificación más sencilla que se puede dar, donde se hace el supuesto de que existe una única ponderación media para el tiempo y que es común entre alternativas. Sin embargo, la estimación de la especificación más completa, donde se introduce la variable de tiempo generalizado como específica de cada una de las alternativas, muestra -dado que el test de verosimilitud lleva a rechazar la hipótesis nula de que el modelo general y restringido coinciden¹³- que realmente existen diferencias estadísticamente significativas que hacen necesario introducir esta variable con un coeficiente distinto en la función de utilidad derivada del avión, jet foil y ferry (TGEN.AV, TGEN.JF, TGEN.FER) (véase Mod(1) en el cuadro 4.7). La estimación del logit jerárquico correspondiente a esta especificación se presenta en el Mod(2)¹⁴, donde al igual que en el resto de estimaciones se presenta el estadístico t entre paréntesis y el número de observaciones es de 2.106.

El siguiente planteamiento que se hace considera que los individuos ponderan de forma diferente el tiempo según el uso que hacen de él; de esta manera se introduce la variable tiempo a nivel desagregado con lo cual se estiman diferentes coeficientes para cada uno de los tiempos. Esto es, el tiempo total se descompone en el tiempo de acceso a la terminal/aeropuerto (TACC), el tiempo desde la estación/aeropuerto de destino hasta el destino final (TDES) y el tiempo en vehículo (TVEH)¹⁵. Así los modelos estimados con esta hipótesis son los modelos 3 y 4 que se presentan en el Anexo 4.1 (Mod(A.3) y Mod(A.4)).

Asimismo, al igual que se hizo en el caso anterior, también se realiza una especificación que considera cada uno de esos tipos de tiempo como específicos de las alternativas. La aplicación de los test estadísticos pone de manifiesto que existen diferencias significativas entre los parámetros estimados¹⁶, de ahí que se presenten a continuación los modelos que consideran cada uno de los componentes del tiempo como específicos de cada alternativa (Mod(3) y Mod(4) en el cuadro 4.8). No obstante, la especificación que corresponde al modelo restringido y que aparece en el

¹³ El estadígrafo LR cuando se comparan el modelo 1 con el modelo A.1 resulta 19,15 que supera el valor de la χ^2 al 95% para dos grados de libertad, y al comparar los modelos jerárquicos de esta especificación se obtiene un LR=67,61 que igualmente es superior al valor de la χ^2 con dos grados de libertad.

¹⁴ En estos modelos se hace necesario estimar un coeficiente adicional denominado EMU cuya variable representa la utilidad máxima del nido en el modelo logit jerárquico propuesto.

¹⁵ Esta variable se refiere al tiempo invertido en el avión, jet foil o ferry. Asimismo, dado que se introducen las variables a nivel desagregado es imposible introducir el tiempo de espera en el avión ya que en este caso se comporta como una variable específica del avión y produce problemas de estimación tal y como se señaló en la presentación de las variables.

¹⁶ La aplicación del test de razón de verosimilitud permite obtener un estadígrafo LR=59,15 cuando se comparan los modelos (Mod(3) y Mod(A.3) y de 111,02 cuando se comparan las especificaciones jerárquicas (Mod(4) y Mod(A.4)), ambos superiores al valor de la χ^2 al 95% para dos grados de libertad.

Anexo 4.1 (Mod (A.3 y A.4) en el cuadro A.4.2) resulta interesante en la medida en que permite conocer si los individuos ponderan de forma diferente cada uno de los componentes del tiempo; asimismo, se debe señalar que la interpretación de los coeficientes estimados cuando se consideran parámetros específicos se ve dificultada por la falta de información que se tiene del modo de transporte con el que se accede y se llega hasta el punto final, y que permitiría ayudar a identificar por qué se producen las diferencias que se observan en los coeficientes estimados para cada una de las alternativas.

Cuadro 4.7. Modelos Logit Simple y Jerárquico con variables del tiempo generalizado específicas de cada alternativa.

Variables	Mod(1)	Mod(2)
TGEN.AV	-0,0688 (-17,9)	-0,0748 (-17,4)
TGEN.JF	-0,0731 (-15,3)	-0,0806 (-14,9)
TGEN.FER	-0,0470 (-8,6)	-0,0141 (-2,7)
CAP.REL	0,4302(0,7)	0,9122 (1,2)
PRECIO	-0,0027 (-11,3)	-0,0033 (-11,5)
EMU*	-----	0,22 (2,4)
CTE.JET	2,429 (4,2)	2,875 (4,6)
CTE.FERRY	0,1854 (0,1)	5,932 (4,0)
Log-L(c)	-1.594,67	-1.591,78
Log-L(θ)	-931,66	-906,88
$\rho^2(0)$	0,417	0,433
$\rho^2(c)$	0,415	0,430
$\chi^2(k-c,95\%)$	11,07	12,59
LR(C)	1.350,68	1.401,54
AIC	0,891	0,868
N	2.106	2.106

* Solo aparece en la opción compuesta (ver gráfico 4.1)

Cuadro 4.8. Modelos Logit Simple y Jerárquico con la variable tiempo a nivel desagregado y específica de cada una de las alternativas.

VARIABLES	Mod(3)	Mod(4)
TACC.AV	-0,0792 (-17,3)	-0,0863 (-16,4)
TACC.JF	-0,0662 (-7,8)	-0,0826 (-7,4)
TACC.FE	-0,0119 (-1,1)	-0,0177 (2,0)
TDES.AV	-0,0279 (-3,4)	-0,0259 (-2,9)
TDES.JF	-0,0516 (-6,9)	-0,0499 (-6,3)
TDES.FE	-0,0518 (-4,0)	-0,0134 (-1,3)
TVEH	-0,0358 (-2,2)	-0,0376 (-1,1)
CAP.REL	0,3482 (0,7)	0,7578 (1,3)
PRECIO	-0,0026 (-10,9)	-0,0032 (-11,4)
EMU	-----	0,15 (1,8)
CTE.JET	2,532 (2,7)	2,976 (1,7)
CTE.FERRY	0,695 (0,2)	12,94 (1,5)
Log _L (c)	-1.594,67	-1.591,78
Log _L (θ)	-903,14	-876,21
P ² (0)	0,435	0,452
P ² (c)	0,433	0,449
X ² (k-c,95%)	16,919	18,307
LR(c)	1.409,02	1.462,88
AIC	0,868	0,843
N	2.106	2.106

A continuación se analiza la influencia que tienen determinadas variables socioeconómicas sobre el comportamiento de los viajeros. En este caso se trata de plantear modelos que introduzcan información sobre el individuo. Así la primera variable socioeconómica que se analiza es la del nivel de renta declarado por el individuo. En este caso tal y como se ha señalado, no existe un consenso acerca de cuál es la forma más correcta de incorporar la influencia que tiene esta variable en los modelos de elección discreta. De ahí que se haya optado por hacer varios planteamientos alternativos y comparar los resultados que se obtienen con objeto de decantarnos por uno de ellos.

En primer lugar se introduce la variable renta -expresada en ptas/minuto- como específica de una de las alternativas, en concreto del ferry (ING.FERRY)¹⁷. Se plantean las mismas estructuras que se consideraron anteriormente incorporando esta nueva variable. Estos modelos (véase Mod (A.5), (A.6),(A.7) y (A.8), en los cuadros A.4.3 y A.4.4) se presentan en el Anexo 4.1 como una aproximación al problema planteado, dado que se trata de una especificación que ha generado, a nivel teórico, bastante polémica en la medida en que no se puede interpretar la variable renta como tal, lo que dificulta el comentario de los resultados que se derivan de estos modelos. No obstante, los resultados que se obtienen a partir de estos modelos parecen poner de manifiesto que los individuos con mayores niveles de renta prefieren menos el ferry -dado el signo negativo del coeficiente de esta variable-.

La segunda aproximación que se utiliza para analizar el efecto que tiene la renta en la elección del modo de transporte consiste en realizar segmentaciones sobre la muestra utilizada¹⁸; básicamente se trata de contrastar la hipótesis de que existen variaciones en los gustos entre los distintos grupos de la población. Estos modelos incluyen las variables de carácter agregado, esto es, el tiempo generalizado, debido a que en caso contrario habría que estimar un número muy elevado de coeficientes - para las variables desagregadas y específicos de las alternativas y a su vez de los estratos de mercado considerados-, lo cual produce problemas en la estimación. Lo que se persigue es captar un comportamiento diferenciado en la valoración que hacen los individuos de los atributos tiempo y precio.

Así, para estudiar cómo influye la renta en el comportamiento de los agentes a la hora de evaluar los distintos atributos que caracterizan a cada uno de los medios de transporte, se hacen tres planteamientos alternativos, cuyas diferencias están en el supuesto de cuál o cuáles son los atributos que los agentes valoran de forma diferente según su nivel de renta -el tiempo, el coste, ó ambos-.

En el análisis efectuado se consideran tres submuestras de renta, de forma que las denominaciones de los parámetros específicos de cada submuestra terminan en Y1 cuando se refieren a rentas inferiores o iguales a 150.000 ptas/mes, en Y2 cuando son rentas entre 150.000 y 400.000 ptas/mes, y en Y3 para rentas superiores a 400.000 ptas/mes respectivamente.

En primer lugar se hace la hipótesis de que el único coeficiente que cambia con la renta es el del

¹⁷ La inclusión de la variable renta se justifica tal y como señala MacFadden (1981) aludiendo a que "...los gustos (la distribución de la U_i) pueden depender de características individuales que están correlacionadas con el ingreso actual..." (pp 210).

¹⁸ Estas segmentaciones consisten en estimar coeficientes distintos para cada uno de los segmentos considerados, pero utilizando un único modelo que se estima con la totalidad de la muestra.

tiempo (véase Mod (5) y (6)); de esta forma se estiman distintos coeficientes para el tiempo y el resto de variables permanecen con un único parámetro fijo entre submuestras.

Cuadro 4.9. Modelos Logit Simple y Jerárquico cuando se considera que la ponderación del tiempo cambia con el nivel de renta.

VARIABLES	Mod(5)	Mod(6)
TGEN.Y1	-0,0585 (-13,8)	-0,0590 (-14,1)
TGEN.Y2	-0,0733 (-17,3)	-0,0723 (-16,7)
TGEN.Y3	-0,0756 (-13,2)	-0,0750 (-13,5)
PRECIO	-0,0026 (-10,3)	-0,0028 (-9,5)
CAP.REL	0,6125 (0,8)	0,7075 (0,9)
EMU	-----	0,82 (6,6)
CTE.JET	1,865 (3,9)	2,001 (4)
CTE.FERRY	6,06 (8,2)	8,904 (4,0)
Log-L(c)	-1.363,32	-1.360,09
Log-L(θ)	-786,33	-785,36
P ² (0)	0,424	0,425
P ² (c)	0,423	0,422
X ² (k-c,95%)	11,07	12,592
LR(C)	1.182,26	1.184,2
AIC	0,884	0,884
N	1.794	1.794

En segundo lugar, se contrasta la existencia de un decrecimiento de la utilidad marginal de la renta; en este caso se estima un modelo donde los coeficientes de precio cambian según el nivel de renta y el resto de las variables se considera con un único parámetro (véase Mod (A.9) y (A.10) en el Anexo 4.1, Cuadro A.4.5). Finalmente, se plantea un modelo donde tanto el precio como el tiempo son específicos del estrato de renta (véase Mod(A.11) y Mod(A.12) en el cuadro A.4.6). En estos últimos modelos se observa que no se dan diferencias estadísticamente significativas entre los coeficientes del precio estimados, de ahí que, según este enfoque, sea más consistente plantear un modelo donde este parámetro sea constante. Por este motivo se mantienen los modelos 5 y 6 (Mod(5) y Mod(6)) dentro de este epígrafe, donde sólo cambia el tiempo y el precio permanece constante.

Otro tratamiento que se plantea en este estudio consiste en analizar la influencia que tiene la renta en estos modelos a través de la introducción de la tasa de gasto; sin embargo, dado que en este estudio no se conoce el número de horas que trabaja el individuo este valor se debe aproximar a un número promedio de ocho horas diarias con lo cual la tasa de gasto se convierte en una constante para cada uno de los estratos de renta y de ahí que pierda significado, lo cual nos lleva a que se elimine esta posibilidad.

Finalmente, se realiza el tratamiento propuesto por Jara-Díaz y Videla (1989); estos autores proponen un desarrollo teórico que lleva a introducir una nueva variable, el precio elevado al cuadrado, con el objeto de detectar el efecto del ingreso en estos modelos. Así, si se introduce esta variable en la estimación y resulta significativa, se debe llevar a cabo una segmentación de la muestra según los distintos niveles de renta, estimando para cada estrato una especificación de la utilidad que incluya ese término de coste al cuadrado.

Los modelos estimados bajo esta hipótesis de estudio deberían cumplir -tal y como se señaló en el capítulo 3- las siguientes propiedades: el coeficiente del coste debería ser negativo y su valor absoluto decrecer con el ingreso, la utilidad marginal de la renta (λ) debería decrecer con el ingreso.

En nuestro caso se propone un conjunto de modelos logit, similar al utilizado por estos autores, donde la forma de la función de utilidad viene dada por

$$V_i = cte_i + \alpha_c c_i + (1/2)\alpha_{c2} c_i^2 + U_2(Q_i)$$

Donde Q_i es un vector de atributos modales

El valor de $\partial V_i / \partial Y$ (utilidad marginal de la renta) equivale a $-\partial V_i / \partial c_i$ y produce el resultado siguiente¹⁹

$$\lambda_i = \frac{\partial V_i}{\partial Y} = -\alpha_c - \alpha_{c2} c_i$$

donde se debe cumplir que dentro de cada estrato de renta, es decir en cada modelo estimado, el coeficiente del coste (α_c) es negativo y el del coste al cuadrado (α_{c2}) positivo.

¹⁹ Véase Capítulo 3 para el desarrollo teórico de este planteamiento.

De esta forma para contrastar la existencia de un efecto renta se introduce en los modelos planteados la variable del coste al cuadrado²⁰. Este planteamiento se realiza para el total de la muestra y para cada uno de los estratos de renta considerados, ver cuadro 4.10.

Cuadro 4.10. Modelos que recogen el efecto ingreso con la introducción de la variable precio elevado al cuadrado.

Variables	Muestra Total	Mod (Y1)	Mod (Y2)	Mod (Y3)
TGEN	-0,0692 (-18,1)	-0,0693 (-5,8)	-0,0728 (-12,8)	-0,0784 (-5,9)
PRECIO	-0,0093 (-7,1)	-0,0226 (-4,7)	-0,0140 (-5,1)	-0,0052 (-1,6)
PRECIO ²	3,2E-06 (5,4)	4,0E-06 (4,6)	2,0E-06 (3,2)	6,0E-07 (0,8)
CAP.REL	0,4159 (0,6)	1,032 (0,5)	-0,9007 (-0,9)	1,556 (0,8)
CTE.JET	1,583 (3,6)	3,873 (2,5)	5,702 (6,2)	0,9967 (0,7)
CTE.FER	4,142 (5,1)	-2,280 (-0,8)	0,1494 (0,1)	5,247 (1,9)
Log-L(c)	-1594,67	-185,21	-782,77	-177,08
Log-L(θ)	-926,22	-89,60	-419,12	-103,36
$\rho^2(0)$	0,421	0,518	0,476	0,448
$\rho^2(c)$	0,419	0,516	0,464	0,416
$\chi^2(k-c,95\%)$	9,488	9,488	9,488	9,488
LR(c)	1362,9	198,1	730,76	147,98
AIC	0,885	0,777	0,799	0,867
N	2106	246	1.063	252

En estos modelos se observan efectos de segundo orden de magnitud pequeña pero estadísticamente significativos, que parecen contradecirse con los resultados que se obtienen al segmentar la población sin incluir la variable coste al cuadrado (véase el cuadro A.4.7 en el Anexo 4.1). Estos modelos, que se presentan en el Anexo 4.1, producen resultados contradictorios con lo esperado, ya que a pesar de tratarse de la misma segmentación, no se observa un decrecimiento del coeficiente del precio, lo cual muestra que son modelos poco idóneos para caracterizar el comportamiento de la demanda y que evidentemente se deben preferir los del cuadro 4.10. Este hecho agrega bondad al modelo propuesto por Jara-Díaz y Videla (1989) el cual sí que permite detectar comportamientos acordes con la teoría, por lo que será esta metodología la que se utilice en este estudio para detectar el efecto ingreso en los

²⁰ Este procedimiento se realizó con cada una de las estimaciones planteadas no obstante en algunas de ellas se producían problemas de convergencia y de ahí que se utilicen las estimaciones con el tiempo total de viaje (TGEN).

modelos de demanda planteados. Asimismo, esta metodología resulta más atractiva si se tiene en cuenta que, además de producir resultados correctos, deriva de fundamentos microeconómicos sólidos a diferencia de los otros tratamientos realizados.

Además, los resultados de los modelos presentados en el cuadro 4.10 permiten calcular el valor de la utilidad marginal para cada uno de los estratos de renta considerados, los cuales se presentan en el cuadro 4.11 junto con los estadísticos t de significación individual que se obtienen a partir de la matriz de varianzas-covarianzas.

Cuadro 4.11: Utilidad Marginal de la renta para cada uno de los estratos de renta

Grupos de Ingreso	$\lambda(c_i)$	$\lambda(c)$ (estadístico t)
Y1 ($Y \leq 150.000$)	$0,022 - 4,0E-06 * c_i$	0,0066 (2,16)
Y2 ($150.000 < Y < 400.000$)	$0,014 - 2,0E-06 * c_i$	0,0055 (3,8)
Y3 ($Y \geq 400.000$)	$0,005 - 6,0E-07 * c_i$	0,0026 (1,5)

Para el cálculo de la utilidad marginal de la renta se ha considerado el coste medio ponderado. Observándose que se produce un decrecimiento en la utilidad marginal de la renta, la cual es significativa excepto en el último estrato de ingresos.

La siguiente variable socioeconómica que se analiza es la del motivo del viaje, donde al igual que con la renta se introducen los coeficientes de tiempo y coste específicos de cada una de las submuestras.

En este caso hay que estimar cuatro coeficientes referidos al tiempo y cuatro para el precio, ya que existen cuatro categorías de motivos del viaje. La denominación de los coeficientes se diferencia por la terminación en "m1" cuando es una variable específica del motivo 1, que corresponde a los viajeros de negocios, "m2" para el motivo 2 que corresponde a los viajeros de ocio, "m3" para los viajeros por motivos de estudio, y finalmente "m4" los que corresponde a la categoría de "otros". Los resultados de los modelos logit simple y jerárquico propuestos se presentan en el cuadro 4.12 y corresponden a los modelos: Mod (7) y Mod (8).

Cuadro 4.12. Modelos con parámetros específicos de las submuestras de viajeros con distinto motivo del viaje.

Variables	Mod (7)	Mod (8)
TGEN.M1	-0,0764 (-18,0)	-0,0756 (-17,7)
TGEN.M2	-0,0593 (-14,0)	-0,0602 (-14,4)
TGEN.M3	-0,0754 (-10,7)	-0,0739 (-11,4)
TGEN.M4	-0,0678 (-14,8)	-0,0674 (-15,2)
PRECIO.M1	-0,0025 (-9,4)	-0,0026 (-9,0)
PRECIO.M2	-0,0028 (-11,1)	-0,0029 (-10,6)
PRECIO.M3	-0,0035 (-8,5)	-0,0036 (-8,6)
PRECIO.M4	-0,0029 (-10,6)	-0,0030 (-10,2)
CAP.REL	0,7092 (1,0)	0,7872 (1,1)
CTE.JET	1,937 (4,3)	2,012 (4,3)
CTE.FERRY	6,158 (8,8)	7,923 (4,4)
EMU	-----	0,89 (9,2)
Log_L(c)	-1.594,67	-1.591,78
Log_L(θ)	-904,63	-904,04
$\rho^2(0)$	0,434	0,435
$\rho^2(c)$	0,432	0,431
$\chi^2(k-c,95\%)$	16,919	18,307
LR(c)	1.406,04	1.407,22
AIC	0,869	0,869
N	2.106	2.106

Estos resultados permiten apreciar diferencias entre los coeficientes estimados para los viajeros con distintos motivos de viaje, cuyos comentarios se harán en la siguiente sección cuando se analicen los resultados de los modelos que han sido seleccionados en este epígrafe.

Por último, se plantea un análisis tendente a averiguar que influencia tiene en la elección del modo de transporte la frecuencia con la que el individuo realiza su viaje. Las estimaciones que derivan de este planteamiento se han incluido en el Anexo 4.1 (véase cuadro A.4.10), dado que dan lugar a segmentaciones que agrupan a individuos con distintas características aunque con común frecuencia de viaje, lo que hace que en los resultados no se aprecie un comportamiento claramente diferenciado.

4.5.2.- ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

En estos modelos es importante tener en cuenta que la interpretación de los coeficientes no es inmediata, como pueda ocurrir en el caso de regresión lineal, sino que éstos hacen referencia a la utilidad marginal derivada de la variable considerada y, en ese sentido, es más interesante hablar en términos relativos. Además hay que tener presente que para medir la incidencia, sobre la utilidad, de una variable se debe considerar no sólo el valor del coeficiente que la afecta sino también el valor medio de la misma.

Por otro lado, cuando se evalúan las estructuras de los modelos logit jerárquicos hay que considerar que el parámetro ϕ - denominado EMU- debe tener un valor comprendido entre cero y uno y ser significativo, ya que en caso contrario se debe preferir el logit multinomial, dado que el modelo jerárquico introduce una variable adicional, por lo que el logit multinomial (MNL) es estadísticamente más eficiente al requerir estimar un número inferior de parámetros con la misma información.

Hechas estas consideraciones previas, se pueden extraer los siguientes comentarios generales. En primer lugar, se observa que todos los modelos presentados poseen variables independientes que aportan explicación significativa con respecto a las constantes modales específicas; es decir, siempre se verifica que la razón de verosimilitud con respecto al modelo de sólo constantes es mayor que el valor de la distribución χ^2 al 95% de confianza²¹. Asimismo, los resultados de todas las estimaciones pueden considerarse aceptables, no sólo porque los signos de los coeficientes estimados son intuitivamente correctos, sino porque sus t estadísticos son satisfactorios en la mayoría de los casos además de producir ρ^2 similares; de hecho, ninguno de estos modelos podría desecharse, a priori, si fuera el único estimado. Ahora bien, hay algunas especificaciones que se deben considerar más válidas que otras; no tanto por razones de bondad del ajuste sino por la operatividad de los resultados que se obtienen. De esta forma, tal y como se señalaba anteriormente, resulta más conveniente trabajar con modelos que incluyan variables que permiten derivar medidas importantes; así por ejemplo, introducir el tiempo y el precio del viaje hace posible derivar el valor del tiempo, cuyos valores se presentarán en el capítulo siguiente y tienen un papel relevante de cara al diseño de políticas de transporte en este mercado. De esta forma se ha dado más importancia a los modelos que incluyen estas variables a diferencia de especificaciones alternativas, que incluyen en vez del tiempo las distancias, y que se presentan en el Anexo 4.1 (véase cuadro A.4.8).

²¹ $LR(C) = -2[l(C) - l(\theta)]$; se distribuye como una χ^2 con K-C grados de libertad (K es el número total de parámetros y C son las constantes modales específicas que se introducen. De forma que si $LR(C) > \chi^2$ se rechaza la hipótesis nula que el modelo de sólo constantes es una aproximación razonable, (véase Ortúzar, 1982).

Los comentarios que se realizan en este epígrafe se basan en los modelos trinomiales, que son los que se proponen en este estudio dado que se refieren a la totalidad de la población e incorporan todas las alternativas disponibles. No obstante, los modelos binomiales propuestos como primera aproximación al problema constituyen un planteamiento interesante ya que se refieren a una población de carácter más homogéneo, que únicamente se plantea la elección entre el avión y el jet foil. Sobre esta población se puede detectar un decrecimiento claro de la utilidad marginal de la renta, probablemente derivado de la generación de submuestras mucho más homogéneas que las que se pueden dar al introducir la alternativa del ferry, en la medida en que los pasajeros del ferry responden a otras características totalmente distintas que configuran una muestra total más heterogénea.

En las especificaciones planteadas la aplicación del test de "razón de verosimilitud para restricciones lineales de una hipótesis más general" pone de manifiesto que los modelos con coeficientes específicos parecen ser más correctos, de forma que se debe considerar la existencia de coeficientes del tiempo distintos para cada una de las alternativas. Este resultado se produce tanto para los modelos con la variable de tiempo agregado (TGEN) como para aquellos modelos con las variables de tiempo a nivel desagregado.

Cuando se realiza este mismo ejercicio con los modelos que introducen la renta específica del ferry, los cuales aparecen en el Anexo 4.1 (véase cuadros A.4.3 y A.4.4), se producen resultados similares a los anteriores; de forma que se comprueba nuevamente que no es correcto considerar los modelos restringidos y generales como iguales.

Una vez que se seleccionan las especificaciones con parámetros específicos de cada alternativa como buenas, hay que ver que estructura recoge mejor este comportamiento. En este caso se observa como la estructura jerárquica propuesta para cada uno de los modelos, donde se considera el avión y el jet foil dentro de un mismo nido, produce un coeficiente ϕ -denominado EMU- con un valor comprendido entre cero y uno, significativo (véase cuadros 4.7 y 4.8). Este resultado pone de manifiesto que los individuos consideran, en su proceso de elección, el avión y jet foil como alternativas más similares y que por lo tanto debe plantearse que estas dos alternativas estén correlacionadas entre sí frente a la alternativa del ferry.

El análisis realizado hasta aquí, de comparación entre los modelos presentados, permite que se propongan dos modelos: el modelo 2 (Mod(2)) y el modelo 4 (Mod(4)), sobre los cuales se basarán los comentarios de los resultados obtenidos. Asimismo, se observa que incluso sobre estos dos modelos se podría realizar una serie de comparaciones que nos llevarían a quedarnos con un único modelo, ya que el modelo (4) posee un ρ^2 más elevado y el valor del índice AIC es

inferior. Sin embargo, el propósito de este análisis no es tanto quedarse con una única especificación, como poder evaluar y detectar determinadas pautas de comportamiento. De esta forma el mantener ambas especificaciones permite recoger, no sólo la existencia de una ponderación del tiempo distinta según el modo de transporte, sino también que esta ponderación cambia en función de los distintos componentes del tiempo total de viaje (TACC, TDES, TVEH).

En los dos modelos seleccionados se observa un comportamiento común que consiste en que al considerar la estructura jerárquica el valor de la constante del ferry aumenta en relación al que se daba en la especificación del logit simple (véase cuadros 4.7 y 4.8). La explicación a este hecho deriva de la propia especificación del logit jerárquico, en la que el ferry compite con la alternativa compuesta por avión-jet foil en el nido superior, que tiene una utilidad compuesta igual al valor esperado del máximo de las dos opciones en el nido inferior. Por lo tanto, la constante del ferry aumenta ya que sus pobres características justifican su elección menos veces en relación a cuando compite con los dos modos en el logit simple (cada utilidad allí es menor), por lo que dado que el modelo debe reproducir las cuotas de mercado observadas es necesario que la constante del ferry crezca para conseguir esto.

Una vez comentada esta característica común, se analizarán los principales resultados que derivan de los modelos seleccionados (Mod(2) y (4)), así como de los que estudian el comportamiento diferenciado según las características socioeconómicas analizadas.

Así, en primer lugar, se observa que en el modelo 2 (Mod(2)) cuando se utilizan coeficientes específicos para los tiempos agregados de viaje, los viajeros del jet foil son los que ponderan en mayor medida el tiempo; esto es, se trata de individuos a los cuales les causa mayor desutilidad el tiempo invertido en el viaje. Además son los viajeros en ferry los que ponderan menos el tiempo, obteniéndose el menor coeficiente en valor absoluto. Este hecho refleja que los viajeros del ferry son individuos que le conceden poca importancia al tiempo y de ahí que decidan viajar en un modo de transporte más lento. Asimismo, las mayores diferencias estadísticas se dan entre el coeficiente estimado para el jet foil y el ferry, así como para el del avión y el ferry, no observándose diferencias estadísticamente significativas entre los coeficientes estimados para el avión y el jet foil aún cuando dichos coeficientes son distintos, esto confirma que son los viajeros del ferry, frente a los del avión y jet foil, los que perciben el tiempo de forma diferente.

La variable de calidad de servicio que se introdujo inicialmente en este estudio se refería a la frecuencia diaria de viajes ofrecida por cada modo de transporte. Esta variable resultó ser muy poco significativa a la vez que en algunas ocasiones tuvo un signo contrario al esperado. La justificación a este hecho parece deberse al doble papel que desempeña la frecuencia como

variable de calidad de servicio y como determinante de la capacidad total disponible en una línea. En este estudio, este doble papel aparece dividido en favor de cada uno de los medios disponibles, sobre todo entre el avión y el jet foil. El papel de variable de calidad de servicio se da en el avión -al disminuir el tiempo de espera entre el horario deseado y el real como consecuencia de la mayor frecuencia ofrecida-. No obstante, la mayor capacidad diaria se produce en el jet foil, al igual que ocurre en el ferry, aunque hay que tener en cuenta que este último medio no opera todos los días de la semana. Por tanto, se observa como aparecen repartidas entre los distintos modos la mayor capacidad diaria y la mayor dispersión en el tiempo, y sin embargo, la variable frecuencia no permite captar este hecho. Esta fue la razón por la que se decidió crear otra variable (capacidad relativa: CAP.REL) que parece más idónea para recoger este hecho. Esta variable produce mejores resultados que cuando se introducía la frecuencia, sin embargo, en algunos modelos aparece con un valor del estadístico t muy bajo. Por otro lado hay que señalar que en el estudio realizado hubiera sido interesante poder introducir otras variables de calidad de servicio; sin embargo, el método de preferencias reveladas, que es el utilizado en este estudio, requiere que las variables explicativas sean expresadas en unidades cuantitativas, lo que dificulta la posibilidad de considerar variables como seguridad, reputación, comodidad de los asientos, estética, etc, y así poder conocer como evalúan los individuos estos atributos.

En el caso del coeficiente del precio se observa como, tanto en el modelo 2 (Mod(2)) como en el modelo 4 (Mod(4)), aparece muy significativo y con signo correcto ya que el coste produce desutilidad, este resultado se da en todos los modelos estimados.

En el modelo 4 (Mod(4)) donde se estiman coeficientes distintos para cada uno de los tipos de tiempo y específicos de cada una de las alternativas, se muestra como los individuos ponderan en mayor medida el tiempo de acceso respecto al tiempo de destino y además se confirma nuevamente que son los viajeros del ferry los que conceden menos importancia al tiempo - comportamiento que se da para cada uno de los componentes del tiempo-.

Otro resultado interesante que se obtiene cuando se introduce el tiempo a nivel desagregado, se deriva de la versión restringida del modelo 4 -Mod(4)- donde se introducen los coeficientes genéricos- (véase cuadro A.4.2 en el Anexo 4.1); en este caso se aprecia que el tiempo en vehículo (TVEH) es el que produce menos desutilidad a los viajeros, de forma que éstos conceden más importancia al resto de los componentes del tiempo total. Este resultado no se puede desprender del modelo 4 (Mod(4)) dado que fue imposible introducir el tiempo en vehículo como específico y de ahí que en ocasiones los coeficientes del tiempo de acceso o destino sean superiores al del tiempo en vehículo, debido a que éste es una ponderación media de los tres tiempos en vehículo considerados.

Finalmente, se analizan los resultados de la segmentación según determinadas características socioeconómicas. En estos casos se trata de comprobar si existe o no un comportamiento diferenciado según los distintos segmentos de mercado considerados en este estudio. Con este propósito se aplica de nuevo el test de "razón de verosimilitud para restricciones lineales de una hipótesis más general", con el objeto de averiguar si hay variaciones de gustos entre grupos. El primer modelo en el que se aplica este contraste es el modelo 6 (Mod(6)), que se trata de un modelo logit jerárquico consistente con un comportamiento diferente según el nivel de renta del individuo, el cual resulta estadísticamente significativo.

De esta forma se verifica que es razonable mantener que existen diferencias en la conducta de los agentes, a la hora de elegir el modo de transporte, según los distintos niveles de renta; así a medida que aumenta el nivel de renta los pasajeros conceden más importancia al tiempo, siendo estos parámetros estadísticamente distintos entre sí²². Sin embargo, este análisis lleva a considerar que el coeficiente del precio debe mantenerse constante entre las distintas submuestras y por tanto parecería que se debe asumir una utilidad marginal de la renta constante²³.

Por tanto, según los comentarios anteriores habría que considerar que la utilidad marginal de la renta es constante, en contraposición al supuesto del decrecimiento de la utilidad marginal de la renta, aún cuando por otro lado la ponderación del tiempo cambie y por tanto la valoración del tiempo también. Este resultado puede deberse a que este modelo no recoge satisfactoriamente el hecho que se quiere constatar y de ahí que se haya planteado un análisis alternativo al propuesto, intentando nuevamente observar si los individuos con distintos niveles de renta ponderan de forma diferente los atributos de los modos de transporte.

Este otro planteamiento se basa en la metodología propuesta por Jara-Díaz y Videla (1989) el cual sí que permite detectar la presencia de un efecto ingreso en los modelos de elección discreta planteados en este estudio. Los resultados obtenidos cumplen las propiedades teóricas en términos de signo y variación de los coeficientes, de forma que el coeficiente del precio presenta

²² La aplicación del test de "Igualdad de Medias" lleva a obtener un $t=2,21$ cuando se comparan los parámetros t_{geny1} y t_{geny2} , un $t=0,37$ cuando se comparan los parámetros t_{geny2} y t_{geny3} , y un $t=2,29$ cuando se comparan t_{geny1} y t_{geny3} .

²³ Un resultado similar a éste se obtiene en el trabajo de Matas (1991), donde al segmentar la muestra según los distintos niveles de cualificación -como proxy del nivel de renta- obtiene un parámetro del coste común para todas las submuestras.

un valor negativo y el del precio al cuadrado un coeficiente positivo y además ambos coeficientes decrecen en términos absolutos (véase los modelos presentados en el cuadro 4.10).

Estos resultados permiten obtener los valores de la utilidad marginal de la renta correspondiente a cada estrato así como constatar que se produce un decrecimiento de la misma a medida que aumenta el nivel de ingresos (véase cuadro 4.11). Este resultado concuerda con lo esperado, según la teoría, y lleva a plantear que esta metodología recoge mejor la existencia de un efecto ingreso en este estudio. De ahí que sea este el modelo que se seleccione como correcto para recoger el efecto ingreso²⁴.

Cuando se estudia el comportamiento de los viajeros según el motivo del viaje (véase cuadro 4.12), se plantea nuevamente un modelo con los coeficientes del tiempo y precio específicos para cada una de las submuestras consideradas y se observa que en este caso resulta menos clara la estructura de correlación entre alternativas que se presenta en el modelo logit jerárquico (Mod(8)), ya que los resultados del mismo ponen de manifiesto que esta estructura es prácticamente idéntica a la de un logit simple -un coeficiente ϕ con un valor muy cercano a uno y significativamente distinto de cero²⁵-.

Además, las diferencias que se observan entre los parámetros estimados apuntan a que son los individuos de negocios los que ponderan en mayor medida el tiempo -un coeficiente de (-0,0764)- y los individuos que viajan por motivos de ocio o vacacionales son los que conceden menor importancia a esta variable a la hora de elegir el modo de transporte. Por su parte son los individuos que viajan por motivos de estudio los que presentan un mayor coeficiente -en valor absoluto- para el precio (-0,0035) lo que demuestra que este tipo de viajeros ponderan en mayor medida el precio como atributo relevante a la hora de hacer su elección.

Asimismo, al aplicar el test de "Igualdad de Medias" a los coeficientes estimados para cada una de las submuestras del motivo del viaje se comprueba que la diferencia más significativa, a nivel estadístico, aparece entre los parámetros del tiempo estimados para los individuos de negocios y para los de ocio; donde se rechaza la hipótesis nula de igualdad de estos coeficientes ($t=-2,85$); cuando se comparan los coeficientes del tiempo estimados para las submuestras de ocio y

²⁴ Cuando se realiza la misma segmentación sin incluir la variable coste al cuadrado -véase cuadro A.7 en el Anexo 4.1- se producen resultados contradictorios a los que establece la teoría, que reafirman de nuevo que debe ser la metodología de Jara-Díaz y Videla (1989) la que se considere como válida en este estudio.

²⁵ Al realizar el test para averiguar si el coeficiente EMU es igual a uno, se obtiene la aceptación de la hipótesis nula que confirma este hecho. De ahí que la estructura correcta en este caso sea la del logit simple.

estudios el estadístico que resulta es $t=1,96$. En el caso de los parámetros del precio se observa que la diferencia más significativa se da entre los coeficientes del precio estimados para los individuos de negocios y los individuos que viajan por motivos de estudio, ($t=2,04$). Por tanto, aunque las submuestras consideradas producen coeficientes distintos, hay que señalar que las diferencias más importantes se dan en la valoración del tiempo que hacen los pasajeros de negocios y ocio, y entre estos últimos y los pasajeros de estudios, observándose que en el caso del precio las mayores diferencias se observan entre los pasajeros de negocios y estudios.

De esta forma, el análisis de los resultados efectuado lleva a proponer los modelos (2) y (4) (Mod (2) y Mod(4)) como los mejores, los cuales permiten detectar como los viajeros de cada modo ponderan de forma diferente el tiempo y como, además, esta ponderación cambia según el componente del tiempo considerado. Asimismo, se comprueba como existe un comportamiento diferenciado según el nivel de renta, motivo del viaje y frecuencia con la que el individuo viaja.

4.6.- CONCLUSIONES.

El análisis realizado en este capítulo pone de manifiesto que se debe mantener un modelo de demanda donde exista correlación entre determinadas alternativas que se consideran más similares entre sí, y que en este caso son el avión y el jet foil, de forma que los individuos en su proceso de elección comparan como alternativas más similares la del avión y el jet-foil y posteriormente la alternativa del ferry. Este hecho deriva de la comprobación de que la estructura de modelo logit jerárquico resulta significativa en la mayoría de las especificaciones propuestas en este estudio.

Los resultados presentados permiten conocer la ponderación que hacen los individuos de los distintos atributos que caracterizan los modos de transporte disponibles, observando como las variables más significativas en este proceso son el tiempo y precio del billete. Además se muestra como la percepción de los atributos cambia en función de la alternativa elegida, comprobándose que a nivel estadístico es más correcto plantear modelos que introduzcan las variables como específicas de cada una de las alternativas.

El planteamiento de modelos con parámetros específicos permite derivar una serie de conclusiones importantes acerca de la valoración que hacen los pasajeros de cada uno de los atributos; así se obtiene que los viajeros del jet foil son los que ponderan en mayor medida el tiempo, siendo los pasajeros del ferry los que conceden menos importancia a esta variable, presentando el menor coeficiente del tiempo -en valor absoluto-. Además, las diferencias más significativas se producen entre los pasajeros del ferry respecto a los del avión y jet foil.

Asimismo, se detecta como los pasajeros conceden mayor importancia al tiempo de acceso que al tiempo hasta el destino, a la vez que el tiempo en vehículo es el que les supone la menor desutilidad.

Otra conclusión que se deriva de este estudio es que existen diferencias estadísticamente significativas en el comportamiento de los viajeros según el motivo del viaje, el nivel de renta y la frecuencia con que realizan su viaje.

Cuando se segmenta según el motivo del viaje se encuentra que los pasajeros de negocios son los que ponderan en mayor medida el tiempo y los pasajeros por motivos de ocio los que le conceden menos importancia a esta variable (como reflejo de su mayor tiempo disponible). Por su parte los individuos que viajan por motivos de estudio son los que se fijan mayormente en el

precio del billete a la hora de hacer su elección, de forma que estos viajeros valoran fundamentalmente el hecho de que se trate de un modo de transporte barato.

Estos resultados apuntan al diseño de políticas operativas que diferencien el mercado al que se quiere llegar; así en aquellos periodos del tiempo en que predominen pasajeros de negocio se debe atender a variables de calidad del servicio tendentes a reducir el tiempo total invertido en la realización del viaje. Asimismo, el cambio en la tarifa afectará fundamentalmente a los viajeros por motivos de estudio. No obstante, también hay que tener que en cuenta que el nivel de renta del individuo es una variable importante a la hora de diseñar cualquier tipo de política y que se debe considerar junto con el motivo del viaje.

En este estudio también se ha constatado la existencia de un decrecimiento de la utilidad marginal de la renta. Se observa que los pasajeros con mayores niveles de renta ponderan menos el precio a la vez que conceden mayor importancia al tiempo que invierten en la realización del viaje, esto es, la desutilidad derivada del tiempo es mayor en estos viajeros. Este resultado pone de manifiesto la existencia de un efecto ingreso en la elección del modo de transporte, hecho que se constata siguiendo la metodología propuesta por Jara-Díaz y Videla (1989), la cual permite detectar que la utilidad marginal de la renta decrece con el ingreso. Además el análisis de los resultados pone de manifiesto que esta metodología se muestra superior a la de la mera segmentación, dado que produce resultados acordes con la teoría económica.

CAPÍTULO 5.- APLICACIONES DE LOS MODELOS DE ELECCIÓN DISCRETA: EL VALOR SUBJETIVO DEL TIEMPO Y PREDICCIONES DE DEMANDA.

5.0.- INTRODUCCIÓN.

En este capítulo se obtiene información relevante de cara al diseño de políticas óptimas en este mercado; para ello se utilizan los modelos de elección discreta estimados en el capítulo anterior. Se observa como este tipo de modelos ha sido utilizado en la mayoría de las investigaciones con distintos propósitos, entre los que destacan la derivación del valor del tiempo, la obtención de predicciones de demanda y el cálculo de elasticidades. Aplicaciones que serán objeto de estudio en este capítulo.

La valoración de los ahorros de tiempo juega un papel importante en la evaluación de proyectos de inversión en el sector transporte, al ser la variable tiempo un componente del denominado coste generalizado.

Existen distintos enfoques para derivar el valor del tiempo, así en este estudio nos centraremos en el valor del tiempo en horas de ocio ("non working time") a la vez que se presentan los principales modelos que se han planteado para estudiar la obtención del valor del tiempo en estas horas. Se analizan inicialmente los modelos pioneros de Becker (1965), De Serpa (1971; 1973) y Evans (1972), que desarrollan un marco teórico genérico susceptible de aplicar a modelos de elección del modo de transporte, a la vez que se observa como es el modelo de Train y McFadden (1978) el que extiende la formulación al ámbito de la teoría de la utilidad aleatoria, con el propósito de analizar específicamente las elecciones individuales de servicios de transporte. Este análisis también se desarrolla en McFadden (1981), y posteriormente en Bates y Roberts (1986), y Jara-Díaz y Farah (1987) los cuales amplían y perfeccionan el análisis para establecer lo que puede considerarse el estado actual de las investigaciones en la materia, al que habría que añadir las últimas aportaciones hechas en el trabajo de Jara-Díaz (1994).

La forma generalmente aceptada para evaluar el valor subjetivo del tiempo (VST) consiste en encontrar la tasa marginal de sustitución entre el tiempo y el coste de viaje, en general a partir de modelos desagregados de elección discreta basados en la teoría de la utilidad aleatoria. La interpretación que se le da al valor así obtenido es la de la disponibilidad a pagar por disminuir el tiempo de viaje en una unidad.

El enfoque utilizado en este trabajo consiste en obtener distintos valores del tiempo, en la línea

Gran Canaria-Tenerife, para cada uno de los segmentos de la población. Esto se consigue dividiendo la muestra según las características diferenciadoras de los individuos, dando lugar a la obtención de distintos valores del tiempo según el nivel de renta, motivo y frecuencia con que el individuo realiza su viaje.

Asimismo, se estiman distintos valores del tiempo para los usuarios de cada uno de los modos de transporte, así como para cada uno de los componentes del tiempo total (tiempo de acceso, tiempo en vehículo y tiempo hasta el destino final)¹.

Por otro lado, las estimaciones de la demanda nos permiten realizar predicciones en relación al futuro así como evaluar la sensibilidad de ésta, a través del cálculo de elasticidades, ante cambios en alguna de sus variables explicativas; esto es, el precio, variables de niveles de servicio, etc. Para que las predicciones resulten útiles se hace necesario trabajar de modo agregado de ahí que se muestren cuáles son los distintos procesos de agregación que permiten esta transformación.

El resto del capítulo se organiza de la siguiente forma. En la sección 1 se estudian los fundamentos teóricos del valor del tiempo para a continuación mostrar las estimaciones del valor del tiempo obtenidas en este estudio; en la sección 2 se presentan las predicciones de demanda a nivel agregado, mostrando algunos de los métodos derivados de la teoría de la agregación y los resultados obtenidos. Finalmente las conclusiones generales cierran este capítulo.

5.1.- EL VALOR SUBJETIVO DEL TIEMPO: REVISIÓN TEÓRICA Y ESTIMACIONES PARA LOS VIAJEROS EN LA LÍNEA GRAN CANARIA-TENERIFE.

Tradicionalmente, la distinción básica para el análisis del valor del tiempo consiste en dividir el tiempo en dos categorías: tiempo de trabajo ("working time") y tiempo de ocio ("non working time"). Los viajes realizados como parte de la jornada laboral forman parte del denominado tiempo de trabajo y el resto de los viajes se incluyen dentro del tiempo de ocio, es decir esta última categoría comprende tanto los viajes al trabajo, como los viajes de vacaciones, de compras, de estudios, etc.

La derivación del valor del tiempo de trabajo se apoya en la teoría denominada "cost saving

¹ Todas las estimaciones del valor del tiempo que se presentan en este capítulo se obtienen a partir de los modelos estimados que han sido seleccionados en el capítulo anterior.

approach", cuyo supuesto fundamental es que el empresario contrata trabajo hasta que el valor del producto marginal sea igual al salario. Por consiguiente, el valor del tiempo en horas de trabajo se suele aproximar a la tasa bruta de salario para cada una de las categorías de trabajo.

Por su parte, el valor del tiempo en horas de ocio ("non working time") ha sido derivado de estudios basados en fundamentos microeconómicos del comportamiento del consumidor. Específicamente en economía del transporte estos valores se obtienen a partir del análisis de la elección que hacen los individuos cuando se enfrentan ante una variedad de modos de transporte, rutas, etc. con características diferentes².

En este estudio nos centraremos en la derivación del valor del tiempo en horas de ocio, presentando a continuación la teoría en la que se apoyan los distintos modelos formulados que serán analizados posteriormente.

5.1.1.- Teoría Microeconómica del Valor del Tiempo.

La teoría de elección del consumidor que incorpora la variable tiempo -teoría de asignación del tiempo- aparece en microeconomía con objeto de explicar la oferta de horas de trabajo por parte del individuo. No obstante, hacía falta establecer una teoría más general que pudiera explicar otros aspectos del uso del tiempo por parte del individuo; en concreto, en economía del transporte se ha avanzado con el propósito de determinar el valor exacto de los ahorros de tiempo³. En la actualidad existen diversas formulaciones de los modelos de maximización de la utilidad que incluyen distintos tipos de restricciones y dan lugar a diferentes interpretaciones del

² Algunos estudios empíricos distinguen entre el valor subjetivo del tiempo -behavioural- y el valor del tiempo para evaluación de proyectos de inversión -evaluation values-. El primero corresponde al valor del cociente entre el parámetro asociado al tiempo y el parámetro asociado al coste en una función indirecta de utilidad. El denominado "evaluation value" se usa, como su nombre indica, para comparar esquemas alternativos que producen diferentes niveles de tiempo y ahorros de otros recursos, y se suele expresar como una proporción fija del salario común a toda la población. De esta forma, el valor subjetivo del tiempo -"behavioural"- refleja sobre todo la disposición a pagar de los viajeros y no el valor intrínseco de un particular ahorro de tiempo. Debido a esto y a consideraciones de equidad es por lo que a menudo el valor usado para propósitos de evaluación es un valor igual para todos los viajeros, independientemente de la edad o grupo socioeconómico al que pertenezca.

³ La importancia de este avance se debe a la observación de que los resultados de los estudios coste-beneficio varían mucho en función del valor del tiempo de viaje estimado (véase Tipping, 1968)

comportamiento del consumidor que se puede derivar, así se aprecian importantes diferencias entre los artículos más relevantes en esta materia⁴. Veamos en qué consiste la teoría en la que se apoya la valoración del tiempo y cuáles son sus principales supuestos.

La teoría en que se basa la valoración del tiempo de viaje considera que éste constituye un recurso económico del que todos los individuos están dotados en la misma cantidad fija (por ejemplo, 24 horas diarias). Los individuos pueden asignar este recurso de diferentes formas, con el fin de realizar diferentes actividades, lo que tiene diversas consecuencias respecto a su presupuesto y al nivel de utilidad percibido. Un supuesto básico de la teoría es que el individuo escoge la asignación que maximiza su satisfacción personal o utilidad, teniendo en cuenta que el tiempo, a diferencia del dinero, no puede ser almacenado y por tanto sólo puede transferirse entre diferentes actividades que puedan intercambiarse en un momento dado.

Otro supuesto fundamental que hace la teoría es que distintas asignaciones del recurso tiempo a las actividades que realiza el individuo tienen diferentes valores, los cuales pueden ser medidos en dinero. Por tanto las transferencias de tiempo tienen un valor monetario; por ejemplo un individuo está dispuesto a aumentar su tiempo de viaje si a cambio tiene que pagar una tarifa menor.

El planteamiento analítico del valor del tiempo de viaje en los modelos de elección del modo de transporte, a menudo se hace a partir de las teorías de Becker (1965) y/o De Serpa (1971) que permiten justificar la presencia del tiempo como variable explicativa.

Así, es bien conocido que el modelo básico del consumidor postula que la utilidad depende del nivel de consumo de las mercancías (x) que se maximiza sujeta a una restricción presupuestaria. En el artículo pionero de Becker (1965) se parte de la introducción sistemática del tiempo en el que no se trabaja "non-working time" y se presenta una formulación donde la utilidad depende del consumo de mercancías básicas (Z_i) -"basic commodities"- que requiere tanto de mercancías (x_i) como de tiempo (T_i) para ser preparadas u obtenidas, de forma que dichas mercancías se pueden expresar como:

$$Z_i = f_i(x_i, T_i) \quad (5.1)$$

Estas mercancías no disponen de un mercado donde realizar transacciones y ejemplos de ellas,

⁴ Una revisión interesante de estos modelos se encuentra en Fernández, (1992).

tal y como señala el autor, pueden ser ver una obra de teatro que necesita de una serie de inputs tales como un guión, el teatro, los actores, el tiempo de los espectadores, etc; así como el dormir que requiere de los inputs de una cama, tiempo, etc. Además hay que hacer notar que cuando las mercancías utilizadas se refieren a bienes de capital los " x_i " indican los servicios prestados por los mismos.

En esta formulación T_i es un vector, dado que cada uno de los T_i se refiere a distintos aspectos del tiempo -las horas usadas durante el día pueden distinguirse de las usadas en la noche, al igual que ocurre con las de la semana o fin de semana-.

De esta forma el individuo es tanto productor de unidades como maximizador, esto es actúa como productor y consumidor. De forma que combina el tiempo y las mercancías a través de una "función de producción" (f_i) -"household production function"- para producir mercancías Z_i . Además elige las combinaciones de estas mercancías que le reportan la máxima utilidad, de forma que maximiza una función de utilidad del tipo:

$$U = U(Z_1, \dots, Z_m) \equiv U(f_1, \dots, f_m) \equiv U(x_1, \dots, x_m; T_1, \dots, T_m) \quad (5.2)$$

sujeto a una restricción presupuestaria de la forma

$$g(Z_1, \dots, Z_m) = Z \quad (5.3)$$

donde g es una función de gasto de Z_i y Z es la cantidad máxima de recursos. De manera que lo que se persigue es encontrar las medidas de g y Z que faciliten las aplicaciones empíricas. En este sentido la aproximación más directa es considerar que se maximiza la función de utilidad presentada en la ecuación (5.2), dada la función de producción de la ecuación (5.1), sujeto a las restricciones del gasto de mercancías y tiempo -donde las horas de trabajo son una variable (W)-. Estas restricciones son:

$$\sum_i^m p_i x_i = I_F + Ww \quad (5.4)$$

$$\sum_i^m T_i = T_c = T - W \quad (5.5)$$

donde p_i es un vector de precios de x_i , T_c es un vector que da el tiempo total empleado en la

obtención de mercancías y que Becker denomina tiempo de consumo⁵, T es el tiempo total disponible, I_F es otro ingreso no salarial que es fijo y w es el salario por hora. Tal y como señala Becker las restricciones no son independientes (pag 496-497)

"... porque el tiempo puede ser convertido en mercancías dedicando menos tiempo al consumo y más al trabajo".

De hecho si se replantea la función de producción de la forma:

$$T_i = t_i Z_i \quad (5.6)$$

$$x_i = b_i Z_i \quad (5.7)$$

donde b_i y t_i son los requerimientos de mercancías y tiempo por unidad de z_i . Y se despeja W de la ecuación (5.5) a la vez que se sustituye en la ecuación (5.4) se obtiene:

$$\sum_i (p_i b_i + t_i w) Z_i = I_F + T \cdot w \quad (5.8)$$

Expresión importante en el análisis de Becker y que le permite identificar el lado derecho de la misma -ecuación (5.8)- como el ingreso total -"full income"-, que representa la máxima cantidad de dinero que el individuo podría obtener si trabaja la totalidad de su tiempo, ingreso que gasta en mercancías (Z_i) tanto directamente a través del gasto en bienes ($\sum p_i b_i Z_i$) como indirectamente a través del ingreso que deja de percibir por usar el tiempo en consumo en vez de trabajo ($\sum t_i w z_i$). Esta teoría establece por tanto que una reasignación del tiempo supone una reasignación simultánea de los bienes (x_i) y mercancías (Z_i); por tanto estas tres decisiones están íntimamente relacionadas. Bajo este marco analítico, el término que multiplica Z_i representa el precio total del consumo, incluyendo el gasto necesario en las mercancías más el ingreso que se ha dejado de percibir. En definitiva, la principal contribución de Becker es la de analizar todas las propiedades de la demanda en términos de este precio total -"full price"- que tiene un componente de tiempo.

El modelo de Becker (1965) en relación a la situación anterior, dada por la teoría tradicional, introduce una serie de novedades que han sido sintetizadas por Pollak y Wachter (1975):

⁵ Se observa como el autor no distingue entre el tiempo de consumo y el tiempo empleado en la producción familiar.

- Desarrolla un marco de análisis de elección de bienes y tiempo dentro del marco familiar, los bienes de mercado y el tiempo no son deseados por sí mismos sino como inputs en la producción de mercancías.

- Se hace hincapié en el papel de la tecnología familiar y los gustos como determinantes del comportamiento. Esto abre la posibilidad de atribuir variaciones en el comportamiento familiar a cambios en la tecnología, cambios en el precio de los bienes (inputs) o en el ingreso, así como cambios en los gustos.

- El modelo de la función de producción familiar -modelo de Becker- centra la atención en el output de la tecnología familiar, las mercancías (Z_i), mientras que la teoría tradicional ignora las mercancías y sólo se centra en los bienes de mercado (x_i).

Asimismo, se observa como para la unidad familiar existen unas restricciones presupuestarias y otras tecnológicas de igual importancia. Sin embargo, para la investigación empírica es importante diferenciar entre ellas en la medida en que la restricción presupuestaria es observable, mientras que la tecnología familiar debe ser inferida a partir del comportamiento observado. Así para construir los precios de estas mercancías, que se utilizan como argumentos de la función de demanda, los parámetros de la tecnología deben ser conocidos.

De esta forma, tal y como señalan Pollak y Wachter (1975), la implementación del modelo de función de producción familiar lleva consigo dos estados o etapas. La primera incluye la estimación de la tecnología de la unidad familiar y la construcción de los precios de las mercancías (Z_i), a partir del precio de los bienes de mercado (x_i) y usando los parámetros estimados para la tecnología. Estos precios de las mercancías sirven como argumento de la función de demanda, cuya estimación constituye la segunda etapa.

Un ejemplo clásico de aplicación del modelo de Becker de elección de producción individual o de mercancías de "non-market" es el ofrecido por Gronau (1970), el cual caracteriza la elección del modo de transporte como el resultado de una decisión de minimizar el coste total del viaje - tiempo más dinero-. En este trabajo se ofrece evidencia empírica de que los individuos con mayores valores del tiempo son los que toman los modos de transporte más rápidos ("time-saving" modes). Sin embargo, tal y como señalan Juster y Stafford (1991) se observa como existen problemas para definir las " Z_i " y los inputs (x_i, T_i), de forma que se plantea la cuestión de si el viaje en sí mismo es una mercancía básica (Z_i) o por el contrario un input intermedio para producir el Z_i real.

Juster y Stafford (1991) también señalan que se debería hacer más énfasis en la modelización de la producción conjunta de outputs a ser consumidos en un periodo después, así como los beneficios del uso del tiempo en una determinada actividad. Así algunas trabajos del hogar son valorados por el output conseguido -limpiar la casa, lavar la ropa, etc- mientras que otras actividades no sólo producen mercancías con valor (Z_i) sino que además reportan una satisfacción por la propia producción de dichos bienes -por ejemplo cuidar niños-. Esto es, la función de utilidad depende tanto de los beneficios derivados del uso del tiempo como de los productos que se obtienen. Estos beneficios derivados del uso del tiempo en diferentes actividades que no son de mercado crean un problema de producción conjunta.

Pollak y Wachter (1975), cuando analizan el modelo de Becker, argumentan que excepto en casos muy especiales esta teoría no provee un modelo de demanda de mercancías satisfactorio y de asignación del tiempo como una función del precio de las mercancías. Analizan las condiciones bajo las cuales la teoría de la función de producción familiar permite estudiar las mercancías que no se intercambian en el mercado (Z_i) como una función del precio de dichas mercancías. Argumentan que la aplicación de la función de producción familiar requiere fuertes supuestos sobre la estructura de la tecnología familiar, en particular, la presencia de rendimientos constantes a escala y la ausencia de producción conjunta. De forma que si no se cumplen estos supuestos, los precios de las mercancías dependen de los patrones de consumo de la familia y por tanto fallaría en el papel tradicional que juegan los precios en la teoría del consumidor.

Las mercancías que incorporan el tiempo empleado como un input constituyen un problema particular, ya que el tiempo dedicado a algunas actividades de producción es un recurso directo de utilidad además de un input en la obtención de las mercancías. Esto hace referencia a un tipo de producción conjunta e indica que los precios no son independientes de la cantidad de mercancías consumidas. Así cuando existe producción conjunta o los rendimientos no son constantes a escala, estos autores sugieren que la demanda de mercancías se analice en términos del precio de los bienes de mercado (x_i) en lugar de en términos de los precios de las mercancías.

Por otro lado, el supuesto de Becker acerca de que "el tiempo se puede convertir en mercancías" es factible en un contexto de análisis tal y como el que plantea, donde las horas de trabajo pueden ser elegidas libremente por el individuo y donde además éstas no aparecen como argumentos de la función de utilidad. Este hecho afecta a la interpretación que se debe hacer de los resultados, tal y como señala Jara-Díaz (1994); además, junto con otros problemas, en el modelo hay

importantes limitaciones -como la de no considerar el tiempo requerido para el consumo de mercancías- que han sido tenidas en cuenta en especificaciones posteriores (De Serpa, 1971; Evans, 1972).

En 1966 aparece un trabajo presentado por Lancaster que supone un cambio importante en el planteamiento de la teoría del comportamiento del consumidor supuesta hasta ese momento⁶. En la teoría tradicional de comportamiento del consumidor se establecía que los bienes son el argumento principal de la utilidad, en Lancaster (1966) se elimina este supuesto y se considera que son las características y propiedades de los bienes las que derivan utilidad al individuo; por lo tanto se asume que el consumo es una actividad en la que los bienes actúan como un input y lo que realmente valora el individuo son las características derivadas de los mismos.

Los principales supuestos del modelo de Lancaster (1966) que se consideran innovadores respecto a la situación anterior derivan de las siguientes consideraciones:

- Los bienes por si no reportan utilidad al individuo sino que son sus características las que se deben considerar relevantes de cara a la obtención de satisfacción.
- En general un bien posee más de una característica, a la vez que varias características pueden ser compartidas por más de un bien.
- Los bienes combinados pueden poseer características diferentes a las que tienen por separado.

Estos supuestos han dado pie a nuevas formulaciones de los modelos de comportamiento del consumidor, aunque se observa como ya en el modelo de Becker (1965) se da una aproximación similar a la propuesta por Lancaster (1966), en la medida en que los bienes (x_i) no son el input directo en la función de utilidad.

En 1971 De Serpa propone un modelo que supera algunas de las deficiencias del modelo de Becker (1965). En concreto, considera que el tiempo necesario para el consumo de mercancías y la cantidad consumida afectan a la utilidad, lo que muestra que el uso del tiempo se percibe de forma diferente dependiendo de la actividad para la que se emplee. Incluye restricciones presupuestarias y de tiempo a la vez que añade lo que puede ser identificado como el primer conjunto de restricciones "técnicas", que indican el tiempo mínimo requerido para el consumo de una mercancía.

⁶ Aunque ya en 1956 Quandt hacía un planteamiento algo similar.

En De Serpa (1971; 1973) la función de utilidad que se considera es de la forma: $U(x,t,t_w)$ donde "x" es el vector de consumo de los distintos bienes -únicas variables incluidas en el modelo clásico- y "t" es un vector de tiempos empleados en distintas actividades potenciales. Además se incluye la variable "t_w" que representa la cantidad de tiempo dedicada al trabajo.

$$\max_{x,t} : U(x_1, x_2, \dots, x_m; t_1, t_2, \dots, t_m; t_w) \quad (5.9)$$

Igualmente se consideran varias restricciones. La primera es una restricción de tipo presupuestaria, que expresa que el gasto en consumo de bienes ($p \cdot x$) -donde p es el vector de precios- no puede exceder al ingreso disponible ($w t_w + y$), siendo "w" el salario por hora e "y" el ingreso patrimonial.

$$w t_w + y \geq p x \quad [\lambda] \quad (5.10)$$

λ representa la utilidad marginal de la renta.

La segunda restricción considera que la suma total de los tiempos dedicados a cada actividad no puede superar al tiempo total disponible

$$\sum t_i + t_w \leq T \quad [\mu] \quad (5.11)$$

siendo μ la utilidad marginal del tiempo como recurso escaso.

La tercera restricción supone que cada bien o servicio consumido requiere un tiempo mínimo proporcional a la cantidad consumida, y donde además en el caso de las horas de trabajo existe una duración mínima de la jornada laboral "t_w⁰", que se recoge en la cuarta restricción que introduce.

$$t_i \geq a_i x_i \quad \forall i \quad [\psi_i] \quad (5.12)$$

$$t_w \geq t_w^0 \quad [\Phi] \quad (5.13)$$

donde: Ψ_i es la utilidad marginal de disminuir el tiempo necesario para consumir i, y puede interpretarse como la utilidad marginal de un ahorro del tiempo de viaje, y Φ es la utilidad marginal que se obtiene si se reduce en una unidad el tiempo mínimo de horas de trabajo.

Estas dos últimas restricciones permiten observar que en este modelo la cantidad de tiempo

empleada en cada actividad deriva tanto de una elección del individuo como de una necesidad.

La solución del problema de maximización lleva a las siguientes condiciones de primer orden:

$$\frac{\partial U}{\partial x_i} - \lambda p_i - \psi_i a_i = 0 \quad (5.14)$$

$$\frac{\partial U}{\partial t_j} - \mu + \Psi_j = 0 \quad (5.15)$$

$$\frac{\partial U}{\partial t_w} + \lambda w - \mu + \Phi = 0 \quad (5.16)$$

$$t_i \geq a_i x_i \quad (5.17)$$

A partir de las cuales se puede realizar un planteamiento que permite obtener distintas medidas del valor del tiempo, representando cada una de ellas diferentes conceptos e hipótesis acerca de la variable tiempo, tal y como veremos:

- La expresión $(\delta U / \delta t_i) / \lambda$ recogería la valoración marginal del tiempo en la actividad i , expresión que De Serpa denomina el valor del tiempo como mercancía, y que tiene valor en la medida en que el tiempo genera utilidad o desutilidad en el momento de su consumo.

- El valor del tiempo como recurso vendría recogido por la relación marginal de sustitución entre el tiempo y la renta (μ / λ) e indica cuál es el valor monetario de disponer de una unidad adicional de tiempo (T), y en esa medida pierde sentido a nivel empírico.

- ψ_i / λ representaría la tasa marginal de sustitución entre el tiempo gastado en la actividad i y el dinero. Se trata de la propensión del individuo a pagar por ahorrar una unidad de tiempo en la actividad i y es lo que generalmente se define como el valor de un ahorro de tiempo, que se puede expresar como:

$$\psi_i / \lambda = \mu / \lambda - (\delta U / \delta t_i) / \lambda \quad (5.18)$$

De forma que en aquellas actividades, tales como el ocio, donde la restricción no se cumple esto es, el individuo emplea más tiempo del que necesita para el consumo del bien, la variable dual

será cero ($\Psi_i=0$) y por lo tanto el valor de un ahorro de tiempo en el consumo de dicha actividad también será cero⁷.

En situaciones donde el individuo se ve obligado a emplear, para el consumo de determinados bienes, una cantidad de tiempo mayor que la que desearía, su nivel de utilidad aumentará siempre que pueda transferir tiempo desde el consumo de este bien a uno de ocio puro. Siendo Ψ_i/λ el valor de un ahorro de tiempo en la actividad i transferido al consumo de una actividad de ocio puro⁸.

Tal y como señala Matas (1990), cuando se consideran viajes al trabajo se debe esperar que $\Psi_i > \mu$ ya que los individuos obtienen desutilidad de su viaje. Además, en un contexto empírico tiene más sentido hablar de un ahorro de tiempo que del valor del tiempo como recurso, ya que este último deriva de su escasez y no es factible adquirir más tiempo, a diferencia de un ahorro de tiempo que sí que se puede observar y contrastar empíricamente.

De Serpa es el primer autor en hacer notar que el valor de ahorros de tiempo en una actividad es positivo sólo cuando la correspondiente restricción de tiempo de consumo es activa -por ejemplo, al individuo le gustaría emplear menos tiempo del requerido-. De esta forma su marco de estudio contribuye a clarificar importantes aspectos acerca del concepto del valor del tiempo.

Al revisar los distintos estudios empíricos que se han realizado apoyándose en alguna de estas teorías, se observa como existe cierta confusión en la interpretación de los modelos que se derivan. Así la Teoría de Becker considera el tiempo como un recurso, un input, en la "producción" de la actividad del transporte, pero el modelo que persigue una medida del coste generalizado (Becker's full price) del viaje es a menudo interpretado en términos de la teoría de De Serpa (véase Gunn, 1983 y Bruzelius, 1981). Por otro lado, el concepto del valor del tiempo de De Serpa, como valor de una mercancía, es a menudo explicado en términos de la teoría de Becker.

Sin embargo, existen claras diferencias entre ambas teorías tal y como señalan Truong y Hensher (1985a); la teoría de Becker lleva al concepto de precio sombra, o coste de oportunidad, del

⁷ En este caso se está dando la siguiente igualdad $(\delta U/\delta t_i)/\lambda = \mu/\lambda$ que indica que la utilidad derivada del tiempo en el consumo del bien i es igual al valor del tiempo como recurso. Los bienes que cumplen esta condición se denominan bienes de "ocio puro".

⁸ Este concepto es el que en transporte se entiende como valor del tiempo y es el que nos interesa de cara a las estimaciones empíricas.

tiempo que es uniforme en todas las actividades y circunstancias -dado que el tiempo se considera infinitamente divisible y un recurso homogéneo- que da lugar al valor del tiempo como un recurso escaso; por el contrario, la teoría de De Serpa trata la teoría de la asignación del tiempo como una situación de elección discreta más que continua y en esa medida permite que el valor del tiempo difiera del precio sombra uniforme, dependiendo de la situación particular en la que la elección es hecha.

Según estos autores la diferencia entre el valor de De Serpa y el precio sombra de Becker representa el valor de transferir tiempo entre actividades alternativas. Cuando este valor es cero o el mismo para dos actividades, no hay razón para transferir tiempo entre actividades y cuando este valor difiere entre actividades hay una pérdida o ganancia neta derivada de transferir tiempo entre ellas. Las diferencias entre ambas teorías serán desarrolladas posteriormente cuando se presente el planteamiento que hacen Truong y Hensher (1985a).

Formulaciones alternativas a la ofrecida por el modelo de De Serpa (1971; 1973) se ofrece en Bruzelius (1978). En estos modelos el consumidor maximiza su función de utilidad que posee ciertas propiedades matemáticas, sujeto a una restricción presupuestaria, restricción de tiempo y a diferentes tipos de restricciones de asignación del tiempo. La formulación lleva a funciones de demanda donde los requerimientos de tiempo son reconocidos explícitamente.

Evans (1972) propone un modelo en el que el único argumento de la función de utilidad es el tiempo dedicado a las diferentes actividades o lo que es lo mismo las actividades que tienen lugar en el tiempo medidas en unidades de tiempo. Así, tal y como señala el autor, un ejemplo podría ser en vez de considerar las visitas al cine como argumento de la función de utilidad se considera el tiempo empleado en el cine. Este planteamiento parece razonable en la medida en que algunas actividades, en particular el trabajo, deban ser medidas en unidades de tiempo en ausencia de otras medidas adecuadas. Asimismo, las actividades solo de tiempo -"pure time activities"- pueden existir como un caso particular.

El consumidor elige la combinación más favorable de actividades sujeto a las restricciones de tiempo y dinero. Así la función de utilidad individual se expresa como:

$$U = U(t_i) \quad (5.19)$$

Donde t_i denota el número de unidades de tiempo que el individuo emplea en la actividad i . Esta teoría es estática en la medida en que supone que el tiempo considerado es lo suficientemente

pequeño como para que puedan ser ignorados los problemas de capital e interés.

Las restricciones consideradas son:

$$T = \sum_i t_i \quad [\mu] \quad (5.20)$$

$$\sum_i r_i t_i = 0 \quad [\lambda] \quad (5.21)$$

donde r_i , que es el coste por hora, puede ser positivo si el individuo paga por la actividad, negativo si es pagado -por ejemplo, si se trata de horas de trabajo- e igual a cero si la actividad es gratis. El coste por hora de algunas actividades puede ser igual a la suma de diferentes componentes del coste.

Si la ecuación (5.19) se maximiza sujeta a las restricciones anteriores resultan n ecuaciones del tipo:

$$U_i = \mu + \lambda r_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (5.22)$$

Así, el tiempo gastado en cada actividad depende de la utilidad o desutilidad que se deriva del mismo, y del precio que el individuo recibe o paga por la realización de dicha actividad.

Si en la ecuación (5.22) se despeja μ se obtiene una expresión que indica que si la asignación del tiempo que hace el individuo entre las distintas actividades es óptima, entonces un pequeño incremento en el tiempo empleado en una actividad acompañado de una reducción de igual cuantía en el tiempo gastado en otra actividad no haría que el individuo empeorara o mejorase. Sin embargo, la evidencia empírica en estudios de transporte han mostrado que una reducción del tiempo de viaje supone una mejora para el individuo al contrario de lo que establece esta teoría.

En este contexto si se define la relación marginal de sustitución entre las actividades j -ésima y la i -ésima como el tiempo en la actividad j que debería justo compensar al consumidor por la pérdida de una unidad marginal de tiempo en la actividad i -ésima, queda:

$$RMS = - \frac{\partial t_j}{\partial t_i} = \frac{U_i}{U_j} \quad (5.23)$$

Sustituyendo esta expresión en la condición de equilibrio dada por la ecuación (5.22) se obtiene:

$$\frac{U_i}{U_j} = \frac{\mu + \lambda r_i}{\mu + \lambda r_j} = RMS \quad (5.24)$$

Así despejando de la condición dada en la ecuación (5.22) el valor (λr_i), se observa que en equilibrio la relación de precios no es igual a la relación marginal de sustitución

$$\frac{r_i}{r_j} = \frac{U_i - \mu}{U_j - \mu} \quad (5.25)$$

Sin embargo, tal y como se señalaba anteriormente, cuando se comparan los resultados de estudios empíricos con la teoría presentada se producen importantes controversias, sobre todo derivadas del supuesto implícito que se hace a nivel teórico de que el consumidor es libre de asignar su tiempo entre actividades de la forma que quiera.

Este hecho fue el que hizo necesario introducir en la formulación matemática del modelo una nueva restricción que deriva de la distinción entre las cantidades de tiempo que él desea emplear en cada actividad y las que realmente debe gastar. Por ejemplo puede ocurrir que el individuo desee emplear menos tiempo del que realmente tiene que invertir en la realización del viaje. Esta nueva restricción incorpora la relación que hay entre los tiempos dedicados a las distintas actividades e indica que el tiempo dedicado a una actividad i puede estar técnicamente relacionado con el tiempo dedicado a una actividad j . En este caso el autor propone un ejemplo donde el individuo para ir al cine tiene que realizar un viaje, así relaciona el tiempo de viaje (t_v) con el tiempo en el cine (t_c) a través de una desigualdad, de la forma

$$t_v \geq b t_c \quad (5.26)$$

donde b es una constante normalmente menor que uno y se establece que el individuo puede gastar más tiempo viajando que $b t_c$ pero no menos. Esta restricción también se puede expresar como:

$$b t_c - t_v \leq 0 \quad [k] \quad (5.27)$$

Con lo cual añadiendo esta restricción al problema Evans plantea un modelo que responde a la

forma:

$$\text{Max. } u = u(t_w, t_v, t_c; t_i) \quad (5.28)$$

$$s.a. \ t_w + t_v + t_c + \sum t_i = T$$

$$b t_c - t_v \leq 0$$

$$r_w t_w + r_v t_v + r_c t_c + \sum r_i t_i = 0$$

donde t_w , t_v , t_c , t_i representa la cantidad de tiempo empleada en el trabajo, viaje, cine y otras actividades respectivamente. Y donde la primera restricción es de tiempo, la segunda se refiere a la asignación de tiempo al viaje y finalmente la tercera es una restricción presupuestaria, donde se da que $r_w \leq 0$, y $r_v, r_c \geq 0$.

Además, se observa que si t_w , t_v , t_c son mayores que cero, entonces las condiciones de primer orden son:

$$u_w = \mu + \lambda r_w \quad (5.29)$$

$$u_v = \mu + \lambda r_v - k \quad (5.30)$$

$$u_c = \mu + \lambda r_c + bk \quad (5.31)$$

siendo k un multiplicador de lagrange que puede identificarse con la utilidad marginal derivada de una reducción en el tiempo de viaje. Esta restricción es una desigualdad y según la condición de Kuhn-Tucker dada por: $k \geq 0$; tanto si $k=0$ como si $b t_c - t_v = 0$. Se establece que la utilidad marginal no puede ser negativa y que será cero si $t_v > b t_c$. Si la desigualdad dada por la restricción no es operativa, el tiempo que el consumidor desea emplear viajando es superior que el tiempo que debe viajar. En esta situación cualquier incremento o reducción en el tiempo que el debe emplear en el viaje no alterará su asignación de tiempo.

La función de utilidad maximizada es ordinal de forma que se le puede atribuir a k cualquier valor asegurando que la relación $k/\mu/\lambda$ no se altere.

En esta situación el valor monetario que tiene para el individuo una pequeña reducción en la

restricción del tiempo que debe emplear viajando viene dado por (k/λ) y se obtiene dividiendo la expresión (5.29) entre la (5.30).

$$\frac{k}{\lambda} = r_v - \frac{u_v - \mu}{u_w - \mu} r_w \quad (5.32)$$

Esta ecuación establece que la valoración marginal que concede el consumidor a una reducción en el tiempo de viaje es igual al coste del tiempo de viaje (r_v) más sus ahorros de tiempo valorados en $r_w(u_v - \mu)/(u_w - \mu)$ por hora.

Así el valor monetario de ahorros de tiempo de viaje expresado en la ecuación (5.32) también puede formularse como coste del tiempo de viaje (r_v) -por ejemplo el precio del billete en autobús- menos el valor de la utilidad marginal de viajar (u_v/λ) más el valor de la utilidad marginal del trabajo (u_w/λ) mas el salario (r_w)⁹.

El valor del tiempo es positivo si se tiene en cuenta que r_w es menor que cero. La valoración individual del tiempo dependerá de sus preferencias por viajar frente a otras actividades. Si él desea emplear más tiempo viajando del que debe, la restricción no es efectiva y su valoración del tiempo de viaje será igual al negativo de su coste. La condición de equilibrio dada por (5.25) será:

$$-\frac{r_v}{r_w} = \frac{u_v - \mu}{u_w - \mu} \quad (5.33)$$

En esta situación una pequeña variación no le empeora ni mejora.

El modelo presentado difiere del propuesto por Lancaster (1966) en que éste no asume que la utilidad derive de las propiedades o características de las mercancías sino que depende de la actividad para la que la mercancía se usa.

Sólo Evans (1972) introduce un conjunto explícito de relaciones entre actividades (tiempos) que respalda el hecho que mercancías similares pueden estar involucradas en diferentes actividades. Finalmente, se debe resaltar que el consumo de bienes es todavía el punto central tanto en el

⁹ Este planteamiento se obtiene considerando en la ecuación (5.32) que el denominador $(u_w - \mu)$ puede ser expresado como (λr_w) , tal y como se desprende de la condición dada en la ecuación (5.29), y que el valor de μ que aparece en el numerador es igual a $(u_w - \lambda r_w)$.

marco de Becker (1965) como en el de De Serpa (1971; 1973), para Becker T es un vector de tiempos para producir mercancías finales Z, para De Serpa T es parte de la descripción de X y en Evans X juega un "papel secundario" como comprar mercancías es un medio para disfrutar de T.

Asimismo, el modelo de Evans también puede ser expresado usando una notación vectorial y matricial¹⁰, que lógicamente recogerá el mismo comportamiento analizado anteriormente

Train y McFadden (1978) formulan un modelo en el que el problema objeto de estudio se plantea como una decisión típicamente microeconómica donde el individuo debe elegir entre el ocio (L) y los bienes de consumo (G)¹¹. A partir del planteamiento inicial se pueden especificar distintas formas funcionales. En particular, si se supone que la función de utilidad es de la forma Cobb-Douglas $U=KG^{(1-\beta)}L^\beta$, es posible deducir (ver capítulo 3) que la utilidad indirecta debe tener una expresión:

$$V_i = -K(1-\beta)^{1-\beta} \beta^\beta [(w^{-\beta} \cdot c_i + w^{(1-\beta)} \cdot t_i)] \quad (5.34)$$

donde c_i es la tarifa en el modo i , t_i es el tiempo de viaje y w el salario.

Se debe destacar que en el modelo del consumidor individual formulado por Train y McFadden (1978), se supone que el individuo puede escoger libremente el tiempo que dedica al trabajo (W) lo que implica que el valor del tiempo dedicado al ocio y al trabajo en el margen es el mismo e igual al salario¹², tal y como muestra la siguiente expresión

¹⁰ Esta forma vendría dada por:

$$\begin{aligned} \text{Max } U(t) & \quad (1) \\ P'Qt \leq 0 & \quad (2) \\ Bt \leq 0 & \quad (3) \\ \sum t_i \leq T & \quad (4) \\ t_i \geq 0 & \quad (5) \end{aligned}$$

Donde Q es una matriz que contiene los inputs de las mercancías (x) como los requerimientos con una cierta relación por unidad de tiempo para cada actividad, y B es una matriz que relaciona los tiempos de las actividades, P' es el vector de precios teniendo en cuenta que el precio de la actividad viene dado por el precio del bien o mercancía, de forma que el coste de cualquier actividad es P'Q por unidad de tiempo. Además la restricción dada por la ecuación (3) relaciona las actividades entre sí y es similar a la planteada bajo la forma dada en la ecuación (5.27). Por su parte para obtener la ecuación (2) de esta especificación hay que partir de una relación como: $Q \cdot t = X$, que es una función de transformación explícita con coeficientes fijos que da la combinación de outputs necesarios para desarrollar un conjunto de t actividades.

¹¹ Para ver el planteamiento completo de este modelo véase el capítulo 3 de este trabajo.

¹² Hay que hacer notar que dadas las restricciones de este problema $G=y + w W - c_i$; $L= T - W - t_i$, que fueron definidas en el capítulo 3. Se cumple que

$$TMS_{L,G} = - \frac{(\partial G_i / \partial W)}{(\partial L_i / \partial W)} = w \quad (5.35)$$

De esta forma en este modelo la tasa marginal de sustitución entre gasto y tiempo ($TMS_{L,G}$), que equivale al valor del tiempo, tiene un valor igual a "w". No obstante, la versión estocástica de este modelo permite obtener -tal y como señala Jara-Díaz (1990a)- valores del tiempo que difieren del salario, dado que la función de utilidad que se suele utilizar responde a la forma:

$$U_i = \alpha + \beta(c_i/w) + \gamma t_i \quad (5.36)$$

Con lo cual la relación (γ/β) expresa el valor subjetivo del tiempo como una proporción del salario¹³. De ahí que haya sido una tendencia habitual el expresar el valor del tiempo como un porcentaje de la tasa salarial a partir del trabajo de Train y McFadden (1978).

Posteriormente se han realizado otros desarrollos teóricos como el propuesto por Winston (1982) el cual plantea un modelo teórico donde la utilidad de una actividad i en el tiempo t es función de la satisfacción de la actividad en sí misma y de la intensidad con que se realiza. Ambas, la satisfacción y la intensidad, pueden depender del tiempo t que lleva a que la utilidad de una actividad dependa del tiempo o momento del día.

Winston (1982) asume que la utilidad derivada de una actividad tiene dos componentes: la satisfacción de hacer alguna cosa y la satisfacción de alcanzar o conseguir esa cosa. Alternativas asunciones sobre la distribución de la utilidad del proceso y la meta -o consecución de la actividad- han sido presentadas por Recker et al (1986).

Truong y Hensher (1985a) especifican el modelo de Becker (1965) como el resultado del siguiente problema de maximización del consumidor

$$\left(\frac{\partial G}{\partial W}\right) = w, \quad \left(\frac{\partial L}{\partial W}\right) = -1$$

¹³ En algunas especificaciones de la función de utilidad modal, el salario se aproxima al ingreso dividido por el número de horas de trabajo (Ortúzar y Espinosa, 1987) o incluso se reemplaza por otras proxis (Swait y Ben-Akiva, 1987).

$$\text{Max } u(G_i, L_i) \quad (5.37)$$

$$s.a. \quad G_i \leq M - C_i \quad [\lambda]$$

$$L_i \leq T - T_i \quad [\mu]$$

Donde la función de utilidad es función de G_i y L_i que representan los bienes y el tiempo de ocio que quedan después de haber deducido el coste del modo de transporte (C_i) y el tiempo de viaje (T_i) respectivamente.

De esta forma, en la formulación (5.37) se observa, tal y como también señalan Truong y Hensher (1985b, pag. 239) en un trabajo posterior, que los individuos no obtienen utilidad o desutilidad del coste o tiempo del viaje como tales, sino de los bienes y tiempo libre que les quedan después que el gasto y el tiempo sean deducidos de las disponibilidades de dinero y tiempo. Así los coeficientes del coste y tiempo en la utilidad modal representan las utilidades marginales (multiplicadores) de las restricciones de ingreso y tiempo en el problema dado por la ecuación (5.37)

Las condiciones de primer orden de este problema vienen dadas por:

$$\frac{\partial u}{\partial G_i} = \lambda \quad (5.38)$$

$$\frac{\partial u}{\partial L_i} = \mu$$

donde el precio sombra del tiempo lo definen como:

$$\frac{\frac{\partial u}{\partial L_i}}{\frac{\partial u}{\partial G_i}} \Big|_{u=\max} = \frac{\mu}{\lambda} \quad (5.39)$$

Este enfoque supone que el individuo puede asignar libremente " T_i ", es decir, el individuo no percibe restricciones adicionales a las de disponibilidad total; por tanto, si no hay restricciones tecnológicas y se asume que en el marco de Becker la asignación de tiempo es óptima se puede concluir que es imposible obtener más valor a través de reasignaciones del tiempo. Sin embargo, cabe preguntarse por la existencia de lo que De Serpa (1971) llama restricciones tecnológicas, relativas a la asignación mínima de tiempo necesario asociada a una alternativa que llevarían a un planteamiento alternativo del problema.

Al introducir este último supuesto Truong y Hensher (1985a) especifican el modelo de De Serpa (1971) con una función de utilidad que tiene la forma:

$$\text{Max } U(G_i, L_i, T_i) \quad (5.40)$$

donde G_i representa las mercancías (medidas en términos monetarios), L_i es el tiempo de placer u ocio, y T_i el tiempo de viaje, ambos tiempos medidos en minutos. El subíndice i indica los diferentes modos de transporte que el individuo puede elegir. La utilidad se maximiza sujeto a las siguientes restricciones:

1) Una restricción presupuestaria

$$G_i \leq M - C_i \quad (5.41)$$

donde C_i es el coste del transporte y M es la dotación de renta que es fija.

2) Una restricción de tiempo

$$L_i \leq T - T_i \quad (5.42)$$

donde T es el tiempo total disponible.

3) Una restricción de tiempo dedicado al consumo que considera que el individuo debe destinar una cantidad mínima de tiempo $T_i^* = a_i C_i$ (determinado institucionalmente o por las condiciones físicas) para viajar en cada uno de los modos.

$$T_i^* \leq T_i \quad (5.43)$$

El multiplicador asociado a esta restricción generaría una distorsión en el coeficiente de T_i . Asimismo, esta restricción da pie al argumento central de De Serpa; el individuo debe destinar el mínimo tiempo requerido pero es libre de destinar más del necesario¹⁴.

A partir de la condición de primer orden para obtener un máximo, el valor de ahorros de tiempo

¹⁴ En aplicaciones de valoración del tiempo este requerimiento de tiempo mínimo ha sido interpretado como el tiempo medio del viaje para cada uno de los individuos.

para el modo i viene dado por:

$$VST_i = \frac{\partial u / \partial T_i}{\partial u / \partial G_i} \Big|_{u=\max} = (\mu - \psi_i) / \lambda \quad (5.44)$$

Donde los parámetros λ , μ y Ψ_i son los multiplicadores de Lagrange asociados respectivamente con las restricciones 1, 2, y, 3 que corresponden a las ecuaciones (5.41), (5.42), (5.43) respectivamente. Además, tal y como señalan los autores, debido a que ahora T_i aparece en la función de utilidad se puede hablar del valor del tiempo de viaje y se refiere a lo que De Serpa denominaba como valor del tiempo como una mercancía y que Truong y Hensher llaman el valor del tiempo ajustado por la calidad¹⁵ en contraposición al valor del tiempo como recurso (μ/λ) que no está ajustado por la calidad ("quality-unadjusted").

Este valor del tiempo se puede descomponer en: el primer término (μ/λ) que se refiere al valor del tiempo como recurso escaso y el segundo componente que indica la diferencia entre el precio sombra del tiempo y su valor actual en una actividad específica " i ". Este valor (Ψ_i/λ) es el denominado por De Serpa como "el valor de ahorros de tiempo" e indica la ganancia del individuo si consigue llevar su restricción tecnológica próxima al valor de T_i^* . Asimismo, Truong y Hensher (1985a) denominan este valor (Ψ_i/λ) como valor de transferencia del tiempo, dado que consideran que ahorros de tiempo sólo pueden implicar transferencias de tiempo a otras actividades y proponen que este término sea entendido como el valor de transferir tiempo de una actividad " i " a una actividad de ocio que definen como aquella donde ($\Psi/\lambda=0$)

Esta última ecuación se puede reordenar y presentar de la siguiente forma:

$$\frac{\psi_i}{\lambda} = \frac{\mu}{\lambda} - \frac{\partial u / \partial T_i}{\lambda} \quad (5.45)$$

expresión que refleja el denominado equilibrio de De Serpa que establece que los beneficios para el individuo de poder destinar un menor tiempo a su viaje en el modo i , Ψ_i/λ , es representado por la diferencia entre el valor marginal del tiempo como un recurso escaso, μ/λ , y el valor marginal de el tiempo empleado en la realización del viaje en el modo i , $(\delta U / \delta T_i) / \lambda$. Normalmente el valor del tiempo suele variar en función del uso del mismo, ocurriendo que si se dedica más tiempo del necesario Ψ toma el valor cero y el valor de ahorros del tiempo es cero.

¹⁵ Este valor difiere para distintas actividades (modos de transporte) porque en general las circunstancias (lo que Truong y Hensher llaman calidad) bajo las que el tiempo es empleado son diferentes.

Truong y Hensher (1985a) introducen el concepto de valor del tiempo ajustado por la calidad $(\delta U/\delta t_i)/\lambda$ y valor de transferencia del tiempo Ψ/λ . Estos autores plantean un modelo de elección discreta que les permite calcular la diferencia entre valor del tiempo como recurso μ/λ y valor del tiempo de transferencia. El planteamiento que hacen es el de un individuo que se enfrenta a varias alternativas de transporte; si se considera la hipótesis de que el valor del tiempo es el mismo para cada alternativa, no hay razones para que el individuo prefiera transferir unidades de tiempo entre alternativas ($\Psi_i/\lambda=\Psi_j/\lambda$). Por el contrario, sí es razonable que el individuo aumente su utilidad transfiriendo tiempo de viaje a actividades de no transporte ($\Psi_i/\lambda>\Psi_o/\lambda$, donde Ψ_o/λ representa el valor de ahorros de tiempo en una actividad particular que no es de transporte). Por ejemplo si $\Psi_o/\lambda=0$ para actividades de ocio y $\Psi/\lambda>0$ para actividades de transporte, entonces hay una ganancia neta de bienestar ($\Psi/\lambda-\Psi_o/\lambda=\Psi/\lambda$) al transferir tiempo de viaje a actividades de ocio. En un modelo de elección modal la demanda se supone estática y en equilibrio, por lo que, según estos autores, en este caso Ψ_i/λ debe ser igual a Ψ_o/λ para evitar efectos desestabilizadores en la demanda. Además, dado que existe un amplio abanico de actividades de no transporte, debemos suponer que la restricción tecnológica es despreciable es decir, $\Psi_o=0$. Por lo tanto, si suponemos que el coeficiente del tiempo es el mismo para todos los medios de transporte $\Psi_i=\Psi_j=\Psi_o=0$, este modelo es consistente con la teoría de Becker y produce un valor de ahorros de tiempo de viaje (en De Serpa) igual a cero, dado que en realidad lo que estaríamos calculando es el valor del tiempo como recurso (μ/λ). Por el contrario, si permitimos que los coeficientes del tiempo sean distintos se pueden derivar beneficios, en términos de bienestar, de la transferencia de tiempo entre las alternativas.

Sin embargo, hay que hacer notar que la existencia de restricciones tecnológicas e indivisibilidades en el transporte hacen dudar que Ψ_i sea igual a Ψ_o cuando la demanda se supone estática. Asimismo, de las condiciones de primer orden no se deriva que $\Psi_i=\Psi_j$ implique necesariamente que $\Psi_i=\Psi_j=\Psi_o$.

La aplicación que hacen Truong y Hensher (1985a) del modelo de Becker (1965) y el de De Serpa (1971), en una formulación de elección discreta del modo muestra, que debido a la presencia de restricciones tecnológicas derivadas del modelo de De Serpa, la función de utilidad modal indirecta debería tener un coeficiente del tiempo específico y que este coeficiente debe ser genérico si la elección del modo se deriva del marco teórico propuesto por Becker. Esta diferencia también se ve influida por el hecho que el tiempo de viaje no puede entrar en la utilidad directa del modelo de Becker, mientras que no aparece explícitamente en el modelo de De Serpa. En ambos casos se observa como realizan sus aproximaciones a partir de la

aproximación "bienes-ocio" ($G_i L_i$). Sin embargo, tal y como señala Jara-Díaz (1994), dado que los bienes y actividades son explícitamente expresadas como vectores en De Serpa, como el tiempo de trabajo no es ajustable y como además aparecen restricciones de tiempo adicionales, interpretar los argumentos de la función de utilidad de De Serpa (X, T) como bienes y tiempo de ocio, parece resultar muy poco operativo en este contexto.

Por tanto, determinar las variables que se deben usar en la función de utilidad, las restricciones, así como que argumentos se consideran fijos y cuáles variables, son decisiones claves para proponer un marco de análisis con el cual modelizar las decisiones de viaje. Asimismo, recordar -tal y como se ha señalado en capítulos anteriores- que se debe tener cuidado con la forma en que se trata e introduce en el modelo la variable renta.

El marco de análisis propuesto por Truong y Hensher (1985a) ha sido corregido por Bates (1987). Este autor señala que el planteamiento hecho por Truong y Hensher está equivocado cuando considera que el modelo de Becker implica que Ψ_i/λ debe ser cero. Más bien lo que implica el modelo de Becker es que la utilidad de emplear tiempo en actividades que no son de ocio es cero, porque T_i no entra en la función de utilidad de Becker. En la formulación de De Serpa que da el valor del tiempo y que se expresa en la ecuación (5.44), se observa como el lado izquierdo de esa ecuación es cero en Becker ($\partial u/\partial T_i$) y por eso el valor de transferir tiempo al ocio, en Becker (1965), es el valor del tiempo como recurso.

Según Bates (1987) el error viene de no tener presente que la utilidad marginal del tiempo de viaje se espera que sea negativa y eso en economía del transporte lleva a que el valor del tiempo se refiera a valor de ahorros de tiempo. Para este autor el argumento que invalida la discusión dada por Truong y Hensher, cuando formulan un modelo consistente con el marco de Becker, es el que viene expresado en la siguiente ecuación $\Psi_i/\lambda = \Psi_o/\lambda = 0$ y que debería ser reemplazado por $\Psi_i/\lambda = \mu/\lambda$.

Así en el caso de Becker cuando la utilidad se expresa solo en función de G_i (bienes expresado en términos monetarios) y L_i (tiempo de ocio) se pueda plantear como:

$$v_i = \alpha_i + \partial u/\partial G_i \cdot G_i + \partial u/\partial L_i \cdot L_i \quad (5.46)$$

donde sustituyendo a partir de las condiciones de primer orden para un máximo, dadas en la ecuación (5.37), se obtiene:

$$v_i = \alpha_i + \lambda(M - C_i) + \mu(T - T_i) \quad (5.47)$$

Además dado que λM y μT no varían entre alternativas, la formulación se puede reducir a:

$$v_i = \alpha_i - \lambda \cdot C_i - \mu \cdot T_i \quad (5.48)$$

Esta formulación es idéntica a la que obtienen Truong y Hensher (1985a) al considerar el modelo de Becker (1965); sin embargo, el razonamiento que lleva a la misma es distinto.

Asimismo, para el caso de De Serpa (1971) la utilidad depende de G_i , L_i y T_i (tiempo de viaje) de forma que la aproximación de primer orden viene dada por:

$$v_i = \alpha_i + \partial u / \partial G_i \cdot G_i + \partial u / \partial L_i \cdot L_i + \partial u / \partial T_i \cdot T_i \quad (5.49)$$

De nuevo sustituyendo las condiciones de primer orden, dadas en las ecuaciones (5.41), (5.42) y (5.43), queda:

$$v_i = \alpha_i + \lambda(M - C_i) + \mu(T - T_i) + (\mu - \psi_i) \cdot T_i \quad (5.50)$$

y otra vez eliminando los elementos invariables se obtiene

$$v_i = \alpha_i - \lambda \cdot C_i - \mu \cdot T_i + (\mu - \psi_i) \cdot T_i = \alpha_i - \lambda \cdot C_i - \psi_i \cdot T_i \quad (5.51)$$

Así la única diferencia entre esta ecuación y la obtenida para el modelo de Becker -ecuación (5.48)- es la sustitución de Ψ_i por μ . Hay que hacer notar que la razón por la que μ entra en la formulación de Becker se debe enteramente a la asunción de una utilidad marginal para el tiempo de viaje igual a cero.

La conclusión que extrae Bates (1987) es que la función de utilidad indirecta de un problema de elección modal no está en si misma referida al valor del tiempo como recurso, sino al valor de transferir tiempo desde una actividad "i" a otra de ocio. Así valores negativos no son posibles aún cuando se pueda derivar utilidad positiva dedicando tiempo adicional al viaje, dado que las restricciones no son efectivas, por lo que todavía sería posible obtener mayor utilidad transfiriendo tiempo al ocio¹⁶.

¹⁶ Hay que recordar que según la teoría de los multiplicadores de Lagrange el valor de transferir tiempo desde cualquier actividad a una actividad de ocio nunca puede ser negativo.

Asimismo, Bates señala que la hipótesis del modelo de Becker no puede ser probada a nivel empírico a menos que se conozca cual es el valor del tiempo como recurso. Y que cuando se contrasta el modelo de De Serpa y se encuentra que los valores -de transferencia- del tiempo no son significativamente distintos, no se garantiza la obtención de un valor del tiempo como recurso, debido a que habría que asumir que la utilidad marginal del tiempo gastado en viajar es cero, en contraposición a que se considere como meramente constante para todos los modos.

A continuación se presenta la aportación dada por Bates y Roberts (1986), quienes siguiendo los planteamientos de De Serpa (1973) y Train y McFadden (1978), consideran un modelo en el que cada actividad tiene un tiempo mínimo de consumo t_i^0 ; por lo que aparecen dos tipos de actividades: aquellas para las que el individuo se ve obligado a gastar una mayor cantidad de tiempo que la deseada, entre las cuales típicamente se encuentran los viajes, y aquellas en que el individuo desearía gastar tanto tiempo como sea posible (más que el mínimo) y que corresponden a actividades recreacionales o de ocio. Para las primeras la restricción de tiempo mínimo será efectiva y para las segundas no.

La mayoría de los modelos del consumidor que incluyen el tiempo como variable y recurso económico (modelos de asignación de tiempo), suponen que el individuo puede elegir libremente la cantidad de tiempo dedicado al trabajo (t_w). Ello implica que el individuo asignará su tiempo entre trabajo y ocio de tal forma que el valor marginal de una unidad dedicada a ambas actividades sea el mismo; si además se considera que el salario por hora es fijo e independiente de la cantidad de tiempo trabajada, entonces cuando el individuo maximiza su utilidad se obtiene el típico resultado de que el valor del tiempo es igual al salario (véase Train y McFadden, 1978).

El supuesto de flexibilidad infinita en la elección de la cantidad de tiempo dedicada al trabajo resulta poco realista en la mayoría de los casos y las restricciones que el individuo encuentra para determinar el valor de " t_w " afectan fundamentalmente al valor del tiempo. Esta es la razón fundamental que lleva a que estos autores planteen un modelo donde el tiempo de trabajo es una constante exógena que el individuo no puede determinar libremente. En este caso t_w desaparece del planteamiento del problema del consumidor y se supone que el ingreso total monetario disponible para el individuo es un dato fijo (Y). Además, el tiempo total disponible es igual a 24 horas diarias menos el tiempo requerido para las necesidades biológicas básicas y menos el

tiempo dedicado al trabajo:

$$\bar{T} = T - t_w \quad (5.52)$$

La formulación del modelo considera las siguientes variables:

- x, que representa el consumo de un bien generalizado.
- q, que representa el tiempo gastado en una actividad generalizada.
- t_i, c_i, (i=1,...,n), que representan los tiempos de viaje y las tarifas correspondientes a alternativas de transporte mutuamente excluyentes.

La función de utilidad del tipo U(x,q,t₁,...,t_m) se maximiza, sujeta a las siguientes restricciones:

a) Restricción presupuestaria

$$p \cdot x + c_i^* = Y \quad [\lambda] \quad (5.53)$$

Donde c_i^{*} es la tarifa del modo elegido y [λ] la variable dual correspondiente a esta restricción.

b) Restricción de tiempo

$$q + t_i^o = \bar{T} \quad [\mu] \quad (5.54)$$

Con t_i^o igual al tiempo de viaje de la alternativa elegida y [μ] la variable dual correspondiente a esta restricción.

c) Restricción de tiempo mínimo para las actividades que realiza el individuo (restricción tecnológica)

$$t_i > t_i^o \quad [\psi_i] \quad (5.55)$$

t_i^o es el tiempo mínimo de la actividad i. Las variables duales correspondientes son [Ψ_i]. En ese caso las dos restricciones presupuestarias -monetaria y de tiempo- se suponen efectivas -se expresan en término de igualdad.

Entonces el problema del consumidor queda expresado mediante el siguiente problema de optimización:

$$\max: U(x, q, t_1, t_2, \dots, t_n) \quad (5.56) \quad x, q, t$$

$$s.a \ Y = px + \sum_i \delta_i c_i \quad [\lambda]$$

$$\bar{T} = q + \sum_i \delta_i t_i \quad [\mu]$$

$$t_i \geq t_i^0, \forall i, \quad [\psi_i]$$

$$x, q, t \geq 0$$

Las variables δ_i pueden tomar únicamente los valores 1 ó 0, dependiendo de si la actividad correspondiente es elegida o no. El planteamiento del modelo supone que sólo una de ellas puede ser distinta de cero, ya que las actividades son mutuamente excluyentes (como por ejemplo, la elección del destino, modo o ruta para un determinado viaje). La definición de todas las variables debiera ser consistente con la elección del periodo $_$. A partir del problema de maximización anterior se puede plantear el siguiente Lagrangiano:

$$L = U(x, q, t_1, \dots, t_n) + \lambda(Y - p \cdot x - \sum_i \delta_i \cdot c_i) \\ + \mu(\bar{T} - q - \sum_i \delta_i t_i) + \sum_i \psi_i \cdot \delta_i (t_i - t_i^0) \quad (5.57)$$

Donde las condiciones de primer orden que definen una solución óptima al problema del consumidor son:

$$\frac{\partial U}{\partial x} = \lambda \cdot p \quad (5.58)$$

$$\frac{\partial U}{\partial q} = \mu$$

$$\frac{\partial U}{\partial t_i} = \mu \cdot \delta_i - \delta_i \cdot \psi_i$$

$$(1) \ Y = px + \sum_i \delta_i c_i$$

$$(2) \ \bar{T} = q + \sum_i \delta_i t_i$$

$$(3) \ t_i \geq t_i^0 \ \forall i,$$

Además si $t_i > t_i^0$ implica que $\Psi_i = 0$. Haciendo una aproximación lineal para la función de utilidad directa se obtiene:

$$U \cong a + \left(\frac{\partial U}{\partial x}\right) \cdot x + \left(\frac{\partial U}{\partial q}\right) \cdot q + \sum_i \left(\frac{\partial U}{\partial t_i}\right) \cdot t_i \quad (5.59)$$

Reemplazando las derivadas parciales por los valores que se obtenían a partir de las condiciones de primer orden queda:

$$U \cong a + \lambda p \cdot x + \mu \cdot q + \sum_i \delta_i (\mu - \psi_i) \cdot t_i \quad (5.60)$$

donde usando las restricciones (1) y (2) que aparecen en la ecuación (5.58) para eliminar las variables x y q , se obtienen una aproximación lineal de la función de utilidad indirecta del modo i :

$$V_i \cong a + \lambda(Y - \sum_i \delta_i \cdot c_i) + \mu \bar{T} - \sum_i \delta_i \psi_i t_i \quad (5.61)$$

entonces, las funciones de utilidad indirecta condicionales tienen la siguiente expresión (aproximación lineal):

$$V_i \cong a + \lambda(Y - c_i) + \mu \bar{T} - \psi_i t_i \quad (5.62)$$

Dado que lo que interesa es la diferencia entre utilidades U_i y U_j , podemos eliminar los términos que presentan el mismo valor en todas las alternativas, quedando:

$$V_i \cong -\lambda c_i - \psi_i t_i \quad (5.63)$$

que corresponde a la parte determinística de la función de utilidad indirecta a utilizar en modelos de elección discreta.

Se debe hacer notar que como consecuencia de la eliminación del tiempo de trabajo como variable del problema, los coeficientes de las variables tiempo y tarifa no presentan ninguna relación con el salario, a diferencia de lo que ocurre con el modelo desarrollado por Train y McFadden (1978) visto anteriormente. Sin embargo, la expresión de la función de utilidad indirecta V_i tiene la misma forma básica, lineal en las variables c_i y t_i , encontrándose la principal

diferencia en la expresión de los coeficientes de éstas.

De acuerdo con la teoría planteada anteriormente, la razón Ψ_i/λ entre los coeficientes de las variables discretas tiempo de viajes y tarifa, puede interpretarse como el valor del tiempo ahorrado en viajar en la alternativa i . Basados en la misma teoría es razonable también suponer que se cumplirán en general las siguientes proposiciones:

1. Dado que el coeficiente de la variable coste del viaje (λ) es la variable dual de la restricción monetaria de presupuesto y representa por lo tanto una aproximación a la utilidad marginal del ingreso, su valor debiera decrecer con el ingreso.

2. Dado que el coeficiente Ψ_i de la variable tiempo de viaje representa la diferencia entre el valor del tiempo dedicado a viajar en la alternativa i y el valor del tiempo como recurso (tiempo de ocio), es lógico esperar que:

a) dicho valor sea mayor cuanto peores sean las condiciones del viaje.

b) el valor sea mayor para individuos más ocupados (dado el mayor valor alternativo del tiempo como recurso).

La teoría desarrollada supone que el individuo puede transferir libremente tiempos ahorrados en una actividad a otras actividades -como por ejemplo el ocio-, lo que no se cumple siempre ya que al individuo se le pueden presentar determinadas restricciones que impidan el realizar dichas transferencias. Por lo que:

c) el valor del coeficiente Ψ_i de la variable tiempo será menor cuanto mayores sean las restricciones que el individuo tiene para utilizar en ocio el tiempo ahorrado en viajar.

En el análisis teórico desarrollado se observan importantes limitaciones que han sido denominadas en MVA Consultancy et al (1987) como "constrained transferability of time". La teoría implica que en el proceso de maximización de la utilidad no hay restricciones en transferir tiempo entre actividades; sin embargo, en la práctica sí que existen estas restricciones. Observándose que en ocasiones se necesita ahorrar una cantidad mínima de tiempo para que se pueda desarrollar una actividad determinada, asimismo algunas actividades sólo se pueden dar en un lugar en particular, a la vez que ocurren en un momento determinado del tiempo. Por tanto puede ocurrir que los ahorros de tiempo no se puedan emplear en actividades útiles -por ejemplo, el llegar más temprano puede significar tener que esperar que abran determinados lugares o

comercios, o significar un tiempo de espera mayor para conseguir conectar con un servicio de transporte público, etc-. Por tanto, estas restricciones constituyen una importante limitación que debería tenerse en cuenta en la especificación de los modelos y que afecta a los resultados obtenidos.

A continuación, se analiza el modelo propuesto por Jara-Díaz y otros (1988), quienes usando el mismo supuesto que Bates y Roberts (1986), en cuanto a considerar como exógena la variable t_w y modificando en consecuencia el modelo usado por Train y McFadden (1978), plantean el siguiente problema del consumidor:

$$\max : U = A.G^{1-\beta} . L^{\beta} \quad (5.64)$$

$$s.a.: G = w\bar{t}_w + E - B.c_i$$

$$L = (T - \bar{t}_w) - B.t_i$$

donde:

G: bienes expresado en términos monetarios.

L: tiempo de ocio.

c_i y t_i se refieren al coste y tiempo total de viaje en el modo "i".

B: el número de viajes realizados en un periodo de referencia.

w: la tasa salarial.

E: ingreso no salarial.

$(w.\bar{t}_w+E)$ se denomina "Y" y representa el ingreso total del individuo.

Además, tal y como se ha señalado, (\bar{t}_w) es un dato exógeno y el verdadero tiempo disponible, que el individuo puede asignar libremente es $(T - \bar{t}_w)$. Dado que, por ser t_w exógeno, en este caso no hay nada que optimizar si la alternativa i está determinada, se puede obtener directamente la siguiente expresión de la función de utilidad indirecta, condicional en el modo i, -utilizando las restricciones dadas en la ecuación (5.64)- reemplazando G y L en la función objetivo queda

Usando ahora una aproximación lineal de V_i en torno a $(Y, T - \bar{t}_w)$ y denominando por g -tasa de gasto- a la expresión $Y/(T - \bar{t}_w)$ (Jara-Díaz y Farah, 1987), se obtiene la expresión

$$V_i \cong A.[Y.g^{-\beta} - (1 - \beta).B.c_i.g^{-\beta} - \beta.B.t_i.g^{1-\beta}] \quad (5.66)$$

eliminando los términos irrelevantes, ya que toman el mismo valor en todas las alternativas, se obtiene la expresión:

$$V_i \cong -c_i \cdot g^{-\beta} - t_i \cdot g^{1-\beta} \quad (5.67)$$

Si calculamos el valor del tiempo como el cociente entre los coeficientes de las variables tiempo y costo, obtenemos que el valor es igual a la tasa de gasto (g), lo que constituye una aproximación al valor $(\partial V_i / \partial t_i) / (\partial V_i / \partial c_i)$ que se obtendría a partir de la expresión dada por (5.65) (Jara-Díaz y Farah, 1987):

$$VT = \frac{\partial V_i / \partial t_i}{\partial V_i / \partial c_i} = \left(\frac{\beta}{1-\beta} \right) \cdot \left(\frac{y - \beta \cdot c_i}{T - t_w - B t_i} \right) = \frac{\beta \cdot G}{(1-\beta) \cdot L} \quad (5.68)$$

Se observa como existe una importante similitud entre las expresiones (5.34), (5.63) y (5.67), que tienen la misma forma lineal en las variables discretas c_i , t_i pero varían en el valor y significado de sus coeficientes.

La expresión (5.34) se obtiene usando una forma Cobb-Douglas para la función de utilidad directa y suponiendo que el tiempo dedicado al trabajo t_w es una variable endógena, que el individuo controla sin restricciones para maximizar su utilidad. Por lo tanto, en ese caso, la forma lineal en las variables c_i , t_i , es consecuencia de la utilización de una aproximación lineal de la función de utilidad individual

Tanto en el caso del modelo de Bates y Roberts (1986), como en el de Jara-Díaz y otros (1988), se supone que t_w es exógena; sin embargo, en el primero no se especifica la forma funcional de U y en el segundo, como en Train y McFadden (1978), se supone una función Cobb-Douglas. Por lo tanto, la aparición de la tasa de gasto g en la expresión (5.67) y no en la expresión (5.61) es básicamente una consecuencia de este último supuesto y en tal sentido la ecuación (5.61) sería más general que la (5.67), dado que es válida para cualquier forma funcional que tenga la función de utilidad U (recuérdese que ambas son aproximaciones lineales).

El modelo propuesto por Jara-Díaz y Videla (1989)¹⁷ con objeto de detectar la existencia de un efecto ingreso en estos modelos -a través de la introducción del precio al cuadrado- permite derivar un valor del tiempo que tiene la expresión que sigue:

¹⁷ Este modelo se desarrolla en el capítulo 3 de este estudio dado que es objeto de una aplicación empírica en el capítulo 4.

$$VT = \frac{\partial V / \partial t_i}{\partial V / \partial c_i} = \frac{\alpha_t}{\alpha_c + \alpha_c^2 \cdot c_i} \quad (5.69)$$

Donde α_t representa el coeficiente del tiempo en la función de indirecta de utilidad, α_c es el coeficiente del coste y α_c^2 es el coeficiente del coste al cuadrado.

Hay que hacer notar que en este enfoque el valor del tiempo depende del coste de la alternativa y que este hecho deriva de la utilización de una aproximación de segundo orden para la función de utilidad.

Finalmente se analiza el modelo recientemente propuesto por Jara-Díaz (1994). Este autor coincide con Evans en el planteamiento de que el recurso básico de la utilidad es el tiempo dedicado a las diferentes actividades, incluyendo las horas de trabajo, las horas dedicadas a dormir¹⁸, etc. En este modelo se considera que los bienes son unas partidas necesarias para desarrollar las diferentes actividades a la vez que constituyen la principal fuente de gastos. Considera también que el tiempo dedicado a cada una de las actividades está relacionado con el de otras actividades de dos formas: a través de la dependencia directa que existe entre los tiempos dedicados a diferentes actividades en la medida en que la duración de una actividad influye en la duración de cualquier otra actividad y a través del uso común de bienes.

Teniendo en cuenta estas consideraciones y estableciendo que el modelo de elección del modo de transporte puede ser visto como un problema de asignación de tiempo, que reconoce que la utilidad es directamente derivada de lo que el individuo hace (actividades) y que requiere de bienes que son costosos, formula el siguiente modelo

¹⁸ La inclusión de la variable tiempo dedicado a dormir no ha sido ampliamente reconocida por todos los autores, tal y como señalan Biddle y Hamermesh (1990) los economistas han dedicado un gran esfuerzo para estudiar como asignan los individuos su tiempo pero sin embargo en los estudios empíricos se ha ignorado por completo el tiempo dedicado a dormir.

Biddle y Hamermesh (1990) muestran que al menos una parte del tiempo dedicado a dormir puede verse alterada cuando las circunstancias económicas hacen que otros usos del tiempo aparezcan como más atractivos. De forma que el tiempo que el individuo dedica a dormir está sujeto a la elección del consumidor a la vez que también se ve afectado por las mismas variables económicas que influyen en los otros usos del tiempo.

Por el contrario, por ejemplo Becker (1965, pag 498) señala que este tiempo es necesario para la eficiencia e incluso es requerido cuando el objetivo es la maximización del ingreso monetario, pero que no obstante este tiempo debería ser determinado por el efecto en el ingreso y no por efectos en la utilidad, lo cual parece algo contradictorio si se considera que el propio autor señala como ejemplo de mercancía (Z_i) el dormir.

$$\text{Max}_{T, W_v(m), B} U(T, W_F, W_v, t) \quad (5.70)$$

$$s.a \quad (1) \sum_i T_i + W_v + W_F + \sum_{j=1}^B \sum_{i \in M_j} \delta_{ij} t_{ij} = \tau$$

$$(2) F(X, T) \geq 0$$

$$(3) \sum_i \sum_d P_{id} X_{id} + \sum_{j=1}^B \sum_{i \in M_j} \delta_{ij} c_{ij} = I_F + w W_v$$

$$(4) B = B(X)$$

Donde:

T: es el vector de tiempos dedicados a las distintas actividades T_i en el periodo τ .

W_F, W_v representan el número de horas de trabajo, donde los subíndices v y F significan variable y fijo respectivamente. De ahí que la variable horas de trabajo W_v puede ser elegida por el individuo.

t: es el vector de tiempos de viaje t_{ij} en el periodo τ .

B: el número de viajes en el periodo τ .

δ_{ij} : 1 si el modo i es utilizado en el viaje j; 0 en cualquier otro caso.

F: función de transformación técnica que transforma T y viceversa.

X_{id} : cantidad del bien i comprada en la zona d en el periodo τ .

P_{id} : precio del bien i en la zona d.

M_j : conjunto de modos disponibles para el viaje j.

I_F : representa el ingreso fijo.

w: salario.

En este modelo todas las actividades tienen un impacto directo en la utilidad aún cuando se trate de actividades que el individuo necesita realizar aunque él no lo desee. Además los bienes pueden ser comprados en diferentes lugares, con precios potencialmente diferentes. Como la residencia y el lugar de trabajo están dados, el número de viajes únicamente es sensible a la elección de X, relación que aparece en la restricción 4 de la ecuación (5.70); esto puede verse como el resultado de otro problema -ejemplo, número óptimo de viajes dado un X-.

Bajo esta perspectiva las variables que están dadas son: $W_F, I_F, t_{ij}, c_{ij}, \tau, P_{id}$ y w; mientras que las

variables de decisión son T_i , δ_{ij} , X_{id} , W_v y B . La solución para δ produce el modelo de elección del modo de transporte. Se observa que $\sum T_i = L$ y $\sum P_{id} X_{id} = G$ y que a causa de las relaciones tecnológicas entre X y T , hay una relación implícita entre G y L que tiene una interpretación directa: el consumo de mercancías requiere tiempo de ocio (L) y viceversa, observación que no se tiene en cuenta en los modelos de Becker (1965), de Train y de McFadden (1978).

Jara-Díaz (1994), con objeto de profundizar en algunas implicaciones de este modelo, plantea el análisis de elección del modo en el caso de un viaje k y asume que el resto de decisiones están dadas, por ejemplo el número de viajes B , el destino -que es una de las dimensiones de X - y todas las otras elecciones de los modos. De esta forma el modelo se puede plantear como

$$\text{Max}_{X, T, W_v, i \in M_k} U(T, W_F, W_v, t_1, \dots, t_{ik}, \dots, t_B) \quad (5.71)$$

$$s.a \quad (1) \quad \sum_i T_i + W_v + W_F + \sum_{j \neq k} t_j + t_{ik} = \tau$$

$$(2) \quad F(X, T) \geq 0$$

$$(3) \quad \sum_i P_i X_i + \sum_{j \neq k} c_j + c_{ik} = I_F + w W_v$$

Además de las restricciones de no negatividad. Por simplicidad se ha eliminado la relación entre B y X que lo que viene a establecer es que la cantidad de bienes no afecta al número de viajes.

A partir de las soluciones condicionadas al modo elegido de las variables T , X y W expresadas como T_i^* , X_i^* , W_v^* se obtiene la función indirecta de utilidad correspondiente

$$U(T^*, W_F, W_v^*, t_{ik}, \bar{t}) \equiv V[\tau - W_F - \bar{t} - t_{ik}, W_F, t_{ik}, \bar{t}, \frac{1}{w}(I_F - \bar{c} - c_{ik})] \quad (5.72)$$

donde \bar{c} y \bar{t} están definidas y \bar{t} es el vector de tiempos de viaje excepto t_{ik} .

En esta especificación el tiempo juega un doble papel: provee utilidad, como variable que aparece en la función de utilidad "U" en la ecuación (5.71), a la vez que afecta al tiempo disponible para otras actividades, como consecuencia de la restricción (1) en la ecuación (5.71). Ambos papeles no pueden diferenciarse cuando la función de utilidad indicada en la ecuación

(5.72) viene dada por una aproximación lineal, donde la comparación entre alternativas debería basarse en una aproximación como la que sigue

$$V_i = k + \alpha(\tau - W_F - \bar{T} - t_{ik}) + \beta W_F + \gamma t_{ik} + \sum \theta_h t_h + \delta \frac{I}{w} (I_F - \bar{c} - c_{ik}) \quad (5.73)$$

y que presentándola sólo en términos que afectan a la elección del modo i queda:

$$\bar{U}_i = (\gamma - \alpha) t_{ik} - \delta \frac{c_{ik}}{w} \quad (5.74)$$

Esta expresión no nos permite estimar separadamente los coeficientes γ y α . Además, hay que hacer notar que en la aproximación dada por (5.73) todas las variables son irrelevantes en el proceso de elección a excepción del tiempo y el coste -por ejemplo el ingreso no afectaría-. Esto no sucedería si se considerara que la aproximación adecuada para la función indirecta de utilidad es de segundo orden, como se han utilizado en otros trabajos (Jara-Díaz y Videla, 1989 y Jara-Díaz, 1990b).

El valor del tiempo que se obtiene a partir de la aproximación dada por la ecuación (5.75) tiene la siguiente forma

$$VT = \frac{\partial \bar{U}_i / \partial t_{ik}}{\partial \bar{U}_i / \partial c_{ik}} = \frac{(\gamma - \alpha)}{\delta/w} \quad (5.75)$$

En este marco el valor relevante de w es el pago horario que es ofrecido al individuo por trabajo extra, y representa el coste de oportunidad real de las actividades desarrolladas fuera del horario de trabajo fijo. De acuerdo a esto en un caso empírico el individuo debería ser cuestionado acerca de sus arreglos o convenios de trabajo, de forma que si el salario y las horas de trabajo son fijas, debería preguntarse acerca del valor del salario por su trabajo adicional y éste es el valor que entraría en la utilidad modal.

La función de utilidad condicional dada por la ecuación (5.72) puede ser interpretada en términos de "bienes y ocio"; el primer argumento es de hecho el tiempo total disponible para alcanzar T (que se ha asociado con L) o para seguir trabajando y el último argumento es el tiempo equivalente para comprar X , por ejemplo G/w menos el actual tiempo extra trabajado (W_v). Formalmente

$$V_i = V(L + W_v, W_F, t_{ik}, \bar{t}, \frac{G}{w} - W_v) \quad (5.76)$$

que muestra explícitamente las diferencias con la aproximación U(G,L).

El modelo propuesto por Jara-Díaz (1994) acepta como principal recurso de utilidad el tiempo así como los bienes que deben ser considerados tanto un medio como un fin. Su modelo va más allá que los anteriores al considerar que se debe tener en cuenta cualquier minuto de tiempo independientemente del uso que se haga del mismo y constituye una aportación importante de cara a la formalización del comportamiento de los viajeros.

Hasta aquí se ha presentado el desarrollo teórico de los fundamentos microeconómicos de los modelos de asignación del tiempo que permiten extraer como conclusión relevante, de cara a la estimación de valores del tiempo, que los valores de Ψ_i y λ pueden ser derivados a partir del análisis de elección del viaje y en esta medida resulta útil la metodología de análisis de elecciones discretas. De acuerdo a esto, elecciones entre dos o más modos alternativos que difieran en tiempo y coste, pueden ser modelizadas con objeto de poder obtener funciones de utilidad indirecta similares a las ilustradas anteriormente que permiten derivar el valor subjetivo del tiempo. Además, serán las hipótesis de estudio consideradas en cada caso las que determinen cuáles deben ser las restricciones y variables relevantes, así como la aproximación de la función de utilidad que se debe usar, aspectos que influyen, tal y como se ha observado, en el valor del tiempo que finalmente se deriva del modelo planteado.

5.1.2.- Estimaciones del Valor Subjetivo del Tiempo.

5.1.2.1.- Consideraciones previas a la estimación.

El marco teórico anteriormente expuesto, así como la evidencia empírica existente (véase entre otros a Bruzelius, 1979; Bates y Roberts, 1986; MVA Consultancy et al, 1987; Fowkes, 1986; Cheung et al, 1989; Gunn, 1990; Gaudry et al, 1989; Jara-Díaz y Ortúzar, 1989) permiten fijar una serie de consideraciones relevantes para la estimación del valor subjetivo del tiempo.

Se observa como existe un conjunto de circunstancias que afectan al valor del tiempo estimado y que hace necesario estimar distintos valores según las siguientes consideraciones:

1.- Las condiciones en que se desarrolla el viaje; este hecho influye especialmente en lo que se refiere al medio de viaje, considerando que la desutilidad de viajar se verá afectada por las condiciones del viaje tales como la comodidad.

El valor del tiempo también se verá afectado por la certeza o seguridad que se tiene acerca de la duración del viaje, de forma que se ha encontrado como el valor de ahorros de tiempo en condiciones de viajes en situaciones de congestión es más alto que en situaciones de libre circulación. De acuerdo a MVA Consultancy et al (1987) entre el 25% y el 40% de los valores más altos del tiempo se encontraron para los viajes en condiciones de mayor congestión. Este hecho se justificó por las incomodidades e incrementos en los costes de operación, incertidumbre acerca de la duración del viaje, etc.

2.- La naturaleza de las restricciones de tiempo que afectan al viaje; este hecho está asociado con el propósito del viaje así como con el periodo del día en que éste se realiza, dado que las posibilidades de aprovechar los ahorros de tiempo dependen del momento en que éstos se dan.

Además se observa como existen algunas investigaciones empíricas que muestran como los individuos con menos tiempo libre tienen un valor del tiempo más alto que la gente con relativamente más tiempo libre (retirados, niños, etc). Este resultado pone de manifiesto que la disposición a pagar por unidad de ahorro de tiempo está inversamente relacionada con la cantidad de tiempo libre disponible. MVA Consultancy et al (1987) muestran que la gente retirada tiende a tener un valor del tiempo menor que la gente en edad de trabajar (16-60 años) aunque ambos se sitúen en la misma banda de ingreso familiar¹⁹.

¹⁹ Un resultado similar obtienen Cheung et al (1989).

3.- Las características socioeconómicas del individuo, que captan las diferencias en los usos alternativos del tiempo ahorrado en viajar y la facilidad para transferir o reajustar actividades entre distintos periodos del día.

Dentro de este aspecto uno de los resultados más importantes, que ha sido obtenido en la mayoría de los estudios, se refiere a que el valor del tiempo está relacionado positivamente con el ingreso. Este resultado se deriva de la mayoría de los estudios analizados (véase entre otros Bates y Robert, 1986; MVA Consultancy et al, 1987; Fowkes, 1986; Cheung et al, 1989; Gunn, 1990) y muestra como la disposición a pagar por ahorros de tiempo cambia con el ingreso personal del individuo.

Asimismo se esperan diferentes valores del tiempo para cada uno de los usos del mismo, según sugiere la teoría, es decir para el tiempo de espera, el de acceso, etc. Encontrándose que los valores del tiempo de espera y a pie son mayores que los valores del tiempo en vehículo (Bates y Roberts (1986) recomiendan que el valor del tiempo de espera y a pie debe ser aproximadamente el doble del valor del tiempo en vehículo.

De esta forma se advierte como las valoraciones del tiempo varían en función del motivo del viaje, el ingreso de la persona, la urgencia del viaje, las incomodidades del modo de transporte, etc. De ahí que no se pueda hacer una única valoración del tiempo válida para todos los individuos sino que deben tenerse en cuenta, siempre que sea posible, todas las consideraciones anteriormente expuestas con el objeto de mejorar la calidad de las estimaciones realizadas.

Así, la evidencia empírica existente, junto con los distintos modelos planteados -entre ellos el de Bates y Roberts (1986)- establecen que debe considerarse un replanteamiento en la forma habitual o tradicional de derivar el valor del tiempo, que consiste en segmentar la muestra utilizada de acuerdo a las características de los individuos y las condiciones en que se realizan los viajes; este ha sido el enfoque seguido en este estudio.

5.1.2.2.- Resultados para los pasajeros de la línea Gran Canaria-Tenerife.

Una de las formas posibles de determinar el valor subjetivo del tiempo (VST) es considerar que su valor equivale a la tasa de sustitución entre costo y tiempo para una utilidad constante. Como hemos visto dependiendo de la formulación del modelo que se utilice se pueden derivar distintas expresiones para este valor²⁰. En este estudio se utilizan las especificaciones utilizadas en el capítulo anterior donde se usa una función indirecta de utilidad lineal en los parámetros que deriva una expresión para el valor del tiempo tal y como la que sigue:

$$VST = \frac{\theta_t}{\theta_c} \quad (5.77)$$

donde θ_t es el coeficiente del tiempo y θ_c el del coste.

Dado que los θ_i son variables aleatorias (estimadores), el VST así calculado también lo es, por lo tanto, tal y como señalan Jara-Díaz et al (1988), se hace necesario encontrar una forma de calcular su varianza ó algún indicador de confiabilidad²¹.

²⁰ Hay que hacer notar que dado que la estimación de los parámetros de la función de utilidad no da el valor verdadero sino un estimador -con cierta distribución de probabilidad-, el valor subjetivo del tiempo (VST) calculado también es un estimador del "verdadero" VST -con otra distribución de probabilidad-. De ahí que algunos autores (véase Armstrong y Ortúzar 1994) proponen un método que permite incorporar la aleatoriedad de los VST, reemplazando la estimación puntual del VST por la construcción de un intervalo de confianza dado un cierto nivel de significación.

²¹ Para determinar el t-estadístico del VST se definen las siguientes variables:
 $x = \theta_t$: variable aleatoria correspondiente al coeficiente del tiempo que se esté considerando.
 $y = \theta_c$ variable aleatoria correspondiente al coeficiente del coste.
 z : variable aleatoria definida como x/y .

Efectuando una expansión de primer orden de una serie de Taylor para z en torno a su valor medio z_m se tiene:

$$z \approx z_m + \frac{\partial z}{\partial x} \Big|_{x_m, y_m} \cdot (x - x_m) + \frac{\partial z}{\partial y} \Big|_{x_m, y_m} \cdot (y - y_m)$$

Reemplazando las derivadas, elevando al cuadrado, dividiendo por z^2 y expresando en función de las varianzas queda:

$$\frac{\sigma_z^2}{z_m^2} = \frac{\sigma_x^2}{x_m^2} + \frac{\sigma_y^2}{y_m^2} - \frac{2 \cdot cov(x, y)}{x_m \cdot y_m}$$

Finalmente reemplazando los t-estadísticos ($t_z = z_m / \sigma_z$) resulta:

$$t_z = \left[\frac{1}{t_x^2} + \frac{1}{t_y^2} - \frac{2 \cdot cov(x, y)}{x_m \cdot y_m} \right]^{-1/2}$$

Los valores del tiempo que se presentarán en este estudio se obtienen a partir de los modelos seleccionados en el capítulo anterior y se expresan en pesetas/hora del año 1992.

Asimismo, nos centraremos en los resultados obtenidos a partir de la especificación del modelo trinomial desarrollado en el capítulo anterior. Así en primer lugar, se muestran -en el cuadro 5.1- los valores subjetivos del tiempo para cada uno de los modos de transporte disponibles.

Los resultados ponen de manifiesto que son los pasajeros del jet foil los que presentan el valor del tiempo más alto, seguidos por los pasajeros del avión y finalmente los del ferry, siendo todos los valores obtenidos estadísticamente significativos. De forma, que el menor valor del tiempo en la línea Gran Canaria-Tenerife es el que presentan los viajeros del ferry, lo cual explica que estos pasajeros elijan para hacer su viaje el modo de transporte más lento.

Cuadro 5.1: Valores del Tiempo para cada uno de los modos de transporte.*

MODO DE TRANSPORTE	VST	(estadístico t)
AVIÓN	1.360 ptas/h	9,49
JET FOIL	1.465 ptas/h	9,03
FERRY	256 ptas/h	2,57

* Estos valores se obtienen a partir del modelo (2) presentado en el capítulo 4.

Asimismo, los resultados anteriores confirman la hipótesis de que los viajeros con menores niveles de renta son los que tienen un menor valor del tiempo, conclusión que se puede derivar si tenemos en cuenta que el análisis de la muestra revelaba que los viajeros del ferry se caracterizan por percibir menores niveles de renta. Por otro lado, cabe destacar la similitud entre los valores del tiempo derivados para los pasajeros del jet foil y el avión frente a los del ferry.

Con objeto de comparar los resultados obtenidos en el cuadro 5.1 con los que se derivan de otros estudios, se ha realizado una revisión de los principales trabajos existentes en España sobre el valor del tiempo por modo de transporte. En general se observa una dispersión importante en los valores que derivan de las distintas fuentes consultadas, a la vez que son difícilmente comparables con los calculados en este estudio, debido a que se enmarcan en un contexto diferente. Esto es, en el marco interinsular analizado los modos de transporte disponibles son el avión, el jet foil y el ferry mientras que en trayectos interurbanos (que son los más que se aproximan al caso estudiado) los modos analizados suelen ser coche, avión, ferrocarril

convencional, tren de alta velocidad y autobús.

Por consiguiente, los únicos valores del tiempo que se pueden comparar son los del avión. Así tal y como se indica en el Manual del MOPT (1991) el valor del tiempo en avión, en ptas del año 1990, que se recomienda por el Ministerio es de 2.750 ptas/hora²².

Los valores del tiempo que se obtienen para los distintos componentes del tiempo total específicos de cada alternativa se presentan en el cuadro 5.2.

Cuadro 5.2: Valores del tiempo para cada uno de los componentes del tiempo total.

TIEMPOS	VST	(estadístico t)
TACC.AV	1.618 ptas/h	9,24
TACC.JF	1.548 ptas/h	6,29
TACC.FE	332 ptas/h	1,96
TDES.AV	485 ptas/h	2,78
TDES.JF	935 ptas/h	5,38
TDES.FE	251 ptas/h	1,28
TVEH	705 ptas/h	1,13

Nota: Estos valores se obtienen a partir del modelo (4) presentado en el capítulo 4.

En este caso se observa como los individuos, independientemente del modo de transporte en el que hayan decidido viajar, están dispuestos a pagar una cantidad de dinero mayor por un ahorro de tiempo en el viaje de acceso al aeropuerto o estación marítima, mostrando que conceden un valor al tiempo de acceso superior al del resto de componentes del tiempo.

El planteamiento que hubiera resultado interesante de cara a comparar las distintas valoraciones de los componentes del tiempo, es el del cálculo del valor del tiempo en vehículo para cada una de las alternativas. Sin embargo, la escasa variabilidad de esta variable hizo esto imposible de ahí que el valor del tiempo que se obtiene es una media del de los tres modos. Este hecho explica que el valor del tiempo en vehículo sea superior al del tiempo de acceso y tiempo hasta el destino en ferry, ya que si se hubiera podido calcular el tiempo en vehículo específico de cada alternativa

²² El valor del tiempo que recomienda el MOPT, referidos al mismo año, es de 650 ptas para los viajeros en coche, 1.380 para los viajeros de avión en vuelo charter, 350 para los viajeros en autobús y valores que oscilan entre 350 ptas y 1.600 ptas para las distintas clases de trenes.

éste hubiera sido mucho menor en ferry -por concordancia con los resultados previamente obtenidos-.

De esta forma, para observar si los individuos ponderan menos el tiempo en vehículo respecto a los otros tiempos, se prefirió trabajar con ponderaciones medias de los tres modos para cada componente del tiempo, con objeto de evitar los problemas anteriormente mencionados. Así se observa que utilizando la información del modelo con parámetros genéricos (Mod (A.3) en el anexo del capítulo 4) se obtiene un valor del tiempo en vehículo de 763 ptas/hora, un valor del tiempo de acceso de 1.630 ptas/hora y un valor del tiempo de destino de 936 ptas/hora, lo cual pone de manifiesto que el valor medio del tiempo más pequeño se obtiene para el tiempo que transcurre en el vehículo -avión, jet foil y ferry.

La explicación a este hecho se debe a que el tiempo que transcurre en el vehículo varía menos que los otros tiempos, a la vez que el viajero lo considera inevitable y en cierta medida muy difícil de reducir. Asimismo, tanto el tiempo de acceso como el tiempo hasta el destino final son tiempos necesarios para realizar y completar el viaje interinsular que se quiere efectuar, y en esa medida estos tiempos ocasionan más desutilidad al individuo.

Por otro lado, se observa como de nuevo en el cuadro 5.2 los menores valores del tiempo, independientemente del tipo de tiempo que se trate, se producen para los viajeros del ferry.

El siguiente planteamiento que se hace persigue obtener valores del tiempo distintos para cada uno de los segmentos que se generan al considerar determinadas características socioeconómicas. Así el cuadro 5.3 presenta los valores obtenidos para las distintas submuestras de pasajeros según su nivel de renta y en el cuadro 5.4 se segmenta según el motivo del viaje declarado por el viajero.

Cuadro 5.3: Valores del tiempo para los viajeros con distintos niveles de renta *

NIVELES DE RENTA	VST	(estadístico t)
$Y \leq 150.000$	641 ptas/h	1,99
$150.000 < Y \leq 400.000$	794 ptas/h	3,64
$Y > 400.000$	1.809 ptas/h	1,45

* Estos valores se obtienen a partir de los modelos presentados en el cuadro 4.8 en el capítulo 4.

Cuadro 5.4: Valores del tiempo para los viajeros con distintos motivos de viaje.*

MOTIVO DEL VIAJE	VST	(estadístico t)
NEGOCIOS	1.834 ptas/h	8,04
OCIO	1.270 ptas/h	8,50
ESTUDIOS	1.292 ptas/h	9,38
OTROS	1.402 ptas/h	2,74

* Los valores se obtienen a partir del modelo (7) presentado en el capítulo 4.

Los primeros resultados indican que los viajeros con mayores niveles de renta son los que conceden un mayor valor al tiempo, con independencia del motivo del viaje y de otras características. De forma que los viajeros están dispuestos a pagar una mayor cantidad de dinero por un ahorro en el tiempo de viaje a medida que aumentan sus niveles de renta, lo cual indica que estos viajeros conceden mayor importancia a las variables de calidad de servicio (en este estudio tiempo total del viaje) a la hora de hacer su elección del modo de transporte.

En España el cálculo del valor subjetivo del tiempo por segmento de renta (utilizando el nivel de cualificación como proxy de renta) que se conoce deriva del trabajo de Matas (1990), donde se observa igualmente un crecimiento de dichos valores al aumentar la renta. Este trabajo se enmarca en un contexto urbano y se modeliza la elección entre transporte privado y público dentro de la ciudad de Barcelona, obteniéndose valores para el año 1986 que van desde 169 ptas/hora para los individuos no cualificados, 226 ptas/hora para los individuos cualificados y 644 ptas/hora para individuos con cualificación superior.

En el cuadro 5.4 se muestra como los pasajeros que viajan por motivos de ocio son los que presentan el menor valor del tiempo, seguidos por los viajeros de estudios. La menor valoración que conceden estos pasajeros al tiempo se debe a que disponen de una mayor cantidad de tiempo libre y en esa medida se enfrentan con menos restricciones de tiempo. Al contrario de lo que ocurre con los pasajeros de negocios, los cuales muestran el mayor valor del tiempo dado que disponen de mayores restricciones de tiempo así como de menos tiempo libre y en esa medida le conceden una mayor valoración al mismo.

En el caso de los pasajeros por motivos de estudio se deriva un valor muy similar al que se da para los viajeros de ocio. Sin embargo, con esta submuestras hay que tener cierta cautela, tal y como se mostraba en el capítulo 2, dado que puede tratarse de viajes por motivos de estudio que

realicen empresarios -como cursos de formación- o viajes que realizan estudiantes, con lo cual no parece ser una muestra muy homogénea y por consiguiente se podrían producir valores del tiempo superiores a los que cabría esperar.

Los resultados obtenidos para la submuestra que se denomina como "otros" son difíciles de comentar puesto que no se conoce de qué pasajeros se trata, a la vez que agrupa a individuos con diferentes características y motivos de viaje.

Finalmente se derivan distintos valores del tiempo para cada una de las submuestras que se generan al considerar la frecuencia con la que el individuo realiza el viaje. Esta segmentación genera grupos bastante heterogéneos que hacen imposible el observar un comportamiento claramente diferenciado, de ahí que se decida introducir estas estimaciones en el Anexo 5.1 (véase cuadro A.5.1).

5.2.- PREDICCIONES DE DEMANDA: MÉTODOS Y RESULTADOS OBTENIDOS.

El objetivo de este epígrafe es la derivación de predicciones acerca de la variación de las cuotas de mercado que experimentan cada uno de los modos disponibles ante la aplicación de distintas políticas. Estas predicciones, para que resulten útiles, deben ser de carácter agregado, de ahí que se presenten de manera sucinta los principales métodos utilizados para obtener agregaciones a partir de modelos individuales

Estos resultados se obtienen a partir de la selección de un modelo representativo de los estimados en el capítulo anterior, sobre el cual se aplican distintas medidas de política y se estudian los efectos de las mismas, comparándolos con los que se producen al suponer distintas estructuras de correlación entre las alternativas (modelos Logit simple y jerárquico).

5.2.1.-Teoría de la Agregación

Dado que las predicciones de demanda a nivel individual resultan poco útiles a la hora de estudiar los efectos de distintas políticas o ayudar en los procesos de decisión de proyectos de inversión, se hace necesario trabajar con predicciones a nivel agregado. Por este motivo se necesita establecer alguna relación entre los modelos desagregados y las predicciones a nivel agregado que se pueden obtener a partir de ellos.

Asimismo, en la mayoría de los casos, el interés de los modelos de elección discreta es, más que conocer la probabilidad de una determinada elección, estimar el volumen de usuarios de cada uno de los medios de transporte y predecir cómo cambiara éste ante la aplicación de determinadas medidas. Con lo cual, se pone de manifiesto la necesidad de investigar la relación que hay entre los modelos de elección discreta y los modelos de demanda agregada.

Con este propósito se hace necesario abordar el problema de la agregación, así como los distintos métodos que existen para ello.

Cuando se conoce el número de personas (N) que están haciendo un viaje y la proporción de ellos que ha elegido un determinado medio, es posible estimar el volumen de tráfico específico involucrado. En el caso determinístico se trata únicamente de multiplicar N por la proporción de los usuarios de un determinado medio de transporte. Cuando los modelos de elección son estocásticos el número de viajes será una variable aleatoria con una distribución multinomial y con un determinado valor esperado y varianza.

Por ejemplo si tenemos una función de elección estocástica con n alternativas:

$$U(i) = V(i) + e(i); \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (5.78)$$

El modelo da la probabilidad de cada una de las V_j . Por tanto el valor esperado de la función de elección está dado por:

$$\bar{V} = \sum_i P(i) V(i), \quad \forall i \quad (5.79)$$

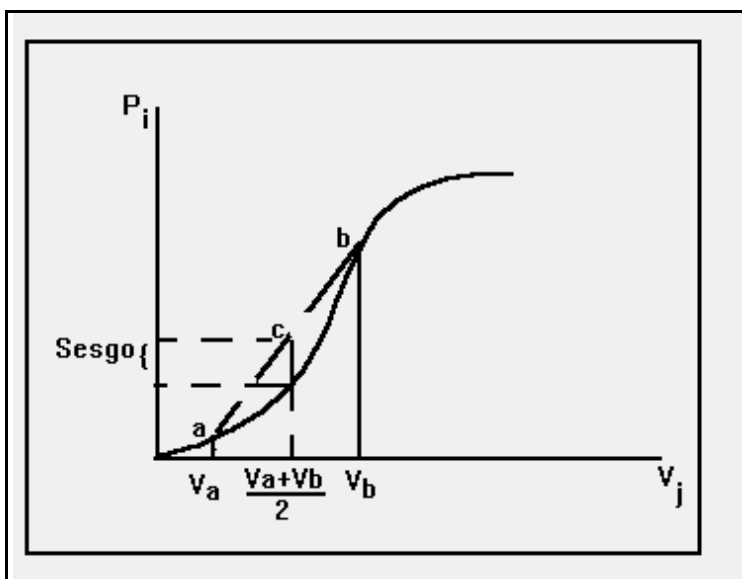
Esto sólo es correcto en el caso determinístico y únicamente una aproximación en el caso de elección estocástica.

Desafortunadamente, como la mayoría de los modelos de elección discreta (como por ejemplo el MNL) no son funciones lineales de las variables explicativas y, además, la distribución de éstas no es homogénea en los distintos segmentos de mercado, el proceso de agregación no es trivial. Así las proporciones de elección que tendría un individuo con variables explicativas iguales al promedio del grupo, no serán iguales a las que se obtendrán promediando las elecciones individuales. Este método se conoce como "enfoque inocente" ("naive aggregation") y puede conducir a serios problemas de agregación, tal y como se observa en el gráfico 5.1. donde se producen sesgos derivados del proceso de agregación.

Existen varios métodos para realizar agregaciones a partir de modelos individuales, Ben-Akiva y Lerman (1985) siguiendo la terminología propuesta por Koppelman (1975) describen cinco procedimientos:

1. Promedio del grupo. Este método consiste en utilizar la media de toda la población y usar la probabilidad de elección de esa media como una aproximación a la proporción de mercado para una determinada alternativa. Esta aproximación coincide con la dada por el "enfoque inocente" anteriormente mencionado.
2. Clasificación. Este procedimiento consiste en definir un número finito de clases (G) relativamente homogéneas dentro de la muestra, de tamaños N_1, \dots, N_g , y luego aplicar el "enfoque inocente" a cada una de ellas. De forma que el número esperado de individuos que elige una determinada alternativa se estima como la suma ponderada de las G predicciones medias obtenidas para cada clase, donde las ponderaciones son los valores N_g .

Gráfico 5.1: Sesgo de Agregación



3. Diferencial
Este método distribuye la población en momentos y los aproxima la proporción de que elige una alternativa. sólo se usan los momentos de orden uno y

estadístico. aproxima los atributos en por sus usa como de la población determinada Normalmente consideran los centrales de dos.

4. Integración explícita. Con este enfoque se representa la distribución de los atributos en la población a través de una distribución continua. Así la proporción de mercado que elige una alternativa se expresa como una integral tal y como sigue:

$$D_j \cong \int_x P(j/x)\eta(x)dx \quad (5.80)$$

donde η es la distribución aproximada de x -atributos que influyen en la elección- entre la población. Hay que hacer notar que dado que x incluye tanto elementos continuos como

discretos, en ocasiones será apropiado tomar suma y en otras integrales.

5. Enumeración muestral. Este último procedimiento consiste en estimar las proporciones de mercado agregadas como la razón entre la suma de las probabilidades individuales sobre los individuos de la muestra y el tamaño muestral.

Así para un grupo N de individuos, la proporción agregada P_{jN} que escoge la alternativa j de acuerdo al modelo, es el valor esperado (o enumeración) de las probabilidades de cada individuo en el grupo

$$P_{jN} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N f_j(x_i) \quad (5.81)$$

donde f_j es la función de elección para j (por ejemplo, el MNL) y da la probabilidad de que el individuo i escoja la alternativa j.

Si se acepta que la muestra utilizada para estimar el modelo es representativa de la población, éste es un método práctico muy bueno para predicciones de corto plazo, ya que supone que la distribución de características (variables) de la población muestral no cambiará en el futuro.

5.2.2.- Predicciones de Demanda para los Pasajeros en la Línea Gran Canaria-Tenerife.

Las predicciones de demanda a nivel agregado que se realizan en este epígrafe se basan en el método de enumeración muestral, siguiendo un planteamiento similar al que se hace en Ortúzar (1983). Se persigue evaluar los efectos, sobre las cuotas de mercado de cada uno de los modos disponibles en la línea Gran Canaria-Tenerife, derivados de la aplicación de distintas medidas de política; tales como, la reducción del precio del billete de uno de los modos o la reducción del tiempo total de viaje.

Con el objeto de realizar comparaciones entre las predicciones obtenidas, la respuesta a cambios ante alguna variable se expresa como un cambio porcentual sobre la predicción obtenida en la situación inicial ("Do-Nothing predictions) tal y como sigue (véase Ortúzar, 1983):

$$\Delta P_j(\%) = \frac{P_j - P_j^0}{P_j^0} * 100 \quad j = 1, 2, 3 \quad (5.82)$$

Donde $\Delta P(\%)$ es el porcentaje de cambio en la cuota agregada del modo j , sobre la situación inicial, debido a la introducción de la política, P_j es la cuota agregada del modo j después de la introducción de la política y P_j^0 es la cuota agregada del modo j para la situación inicial.

El interés de este análisis radica en derivar distintas predicciones de demanda, para lo cual se ha elegido la especificación de los modelos 1 y 2 (Mod(1) y Mod(2)), presentados en el capítulo anterior, con el objeto de contrastar las diferencias que se producen entre la especificación del logit simple y el logit jerárquico que permitan comparar los resultados que se obtienen y sus posibles divergencias.

En el cuadro 5.5 se muestran las predicciones para la especificación del logit simple (MNL) y jerárquico (NL) derivadas de la aplicación de un incremento del 10% en la tarifa. El primer escenario que se estudia supone que este incremento del 10% se da para el precio del avión, a continuación se analiza este incremento para el precio del jet foil y finalmente en el ferry. Estas situaciones se representan como (1), (2) y (3) respectivamente en dicho cuadro.

Las predicciones que se obtienen ante las aplicación de dicha política se han calculado utilizando dos procedimientos diferentes. En primer lugar se realizan predicciones con los modelos tal y como habían sido especificados (véase Anexo 5.2, cuadros A.5.2 y A.5.3), y posteriormente con especificaciones que corrigen las constantes modales con el fin de reproducir las proporciones de mercado existentes en 1992. Este último tratamiento, basado en la metodología expuesta en Ortuzar y Willumsen (1994), se aplica para cada una de las políticas simuladas que se presentan en este epígrafe.

En el caso de un incremento del 10% en el precio del billete aéreo se produce una reducción de la cuota de mercado del transporte aéreo en un 32,2% -en la especificación del NL-, asimismo se observa como la especificación del logit jerárquico (NL) recoge mejor la situación estudiada, ya que el incremento del precio del avión afecta a la cuota de mercado del ferry en únicamente un 11,2%, variación menor a la obtenida con el logit simple (19,7%).

Cuadro 5.5: Comparación de las predicciones derivadas del MNL y NL ante un incremento del 10% en la tarifa.

Modos	Porcentaje de cambio predicho sobre la situación inicial después de haber aplicado la política (%).					
	(1)		(2)		(3)	
	MNL	NL	MNL	NL	MNL	NL
Avión	-32,9	-32,2	36,9	37,5	1,1	1,4
Jet-Foil	27,6	27,8	-36,0	-35,0	1,4	1,3
Ferry	19,7	11,2	31,6	15,8	-25,8	-27,6

De esta forma la especificación del logit jerárquico recoge mejor la situación estudiada en la medida en que un cambio en las condiciones del viaje en avión debe afectar en mayor medida al jet foil y sólo de forma residual al ferry, ya que, tal y como se señalaba en el capítulo 2, el ferry se dirige a un mercado con distintas necesidades y comportamientos, lo que hace que este medio no ejerza una competencia efectiva al avión y al jet foil. Estas propiedades derivan de la estructura de correlación que se ha considerado en el logit jerárquico y producen resultados más acordes con la realidad.

Cuando la medida que se aplica es la de un incremento del 10% en el precio del jet foil el comportamiento que se observa -en la especificación del NL- es el de una reducción de la cuota de mercado del jet foil en un 35.0%, pero además se produce un incremento fuerte en la cuota del avión (un 37,5%), siendo de nuevo de mucha menor importancia el incremento que se produce para el ferry (un 15,8%). En este caso destaca el fuerte incremento de la cuota del avión que se produce y que se debe a que la medida que se ha aplicado es la de incrementar el precio del modo de transporte más caro en esta ruta y por tanto ocasiona una diferencia en los precios relativos mucho más fuerte entre el avión y el jet foil. Sin embargo, cuando en el escenario (1) se incrementa el precio del avión en un 10% no se produce una variación tan fuerte en la cuota del jet foil, porque el incremento del precio del avión que se aplica sigue manteniendo este precio por debajo del precio del jet foil.

Finalmente, en el caso de un incremento del 10% en el precio del ferry, se observa como en este modo se reduce su cuota en un 27,6% (resultados del NL) y como las cuotas del avión y el jet foil apenas sufren variación -un 1,4 y 1,3% respectivamente-. Además destaca que el cambio en

la cuota del avión y el jet foil es muy similar como reflejo de que estos dos medios se comportan de igual forma frente al ferry a la vez que se enfrentan a una demanda con características muy similares.

La contrastación empírica de las políticas simuladas se hace muy difícil ya que las medidas implementadas a nivel teórico se realizan en condiciones ceteris paribus, esto es cambia la tarifa de un modo y las demás permanecen constantes. Sin embargo, en la realidad han variado a la vez más de una variable.

Así aunque en 1993 se produce un incremento del precio del billete en avión de un 10%, al igual que se hizo en la aplicación teórica anterior, además cambia la tarifa del jet foil en un 7,2% y la del ferry en un 8%, provocando que la cuota de mercado del avión haya descendido de un 58% en 1992 a un 53,7% en 1993. Esta reducción en la cuota de mercado del avión parece obedecer más a la reducción de la oferta aérea que se dio ese año que a las tarifas aplicadas ya que hay que tener en cuenta que el jet foil también incrementó su precio. De ahí que se explique el incremento de la cuota del jet foil (pasó de un 32,6% en 1992 y a un 38,24% en 1993)²³ que obedece en gran medida a la desviación de pasajeros procedentes del avión como resultado de la menor oferta aérea con la que se encontraron.

A continuación se analizan las predicciones de demanda derivadas de la aplicación de políticas tendentes a reducir el tiempo generalizado invertido en la realización del viaje en cada uno de los modos. En este caso se trata de estudiar cómo cambian las cuotas de mercado de cada uno de los modos de transporte cuando se reduce el tiempo generalizado en un 10%, el escenario (4), (5) y (6) en el cuadro 5.6 recogen esta reducción del tiempo de viaje para el avión, jet foil y ferry respectivamente.

²³ Los datos acerca de los precios y cuotas de mercado que se utilizan fueron presentados en el capítulo 2 de este trabajo.

Cuadro 5.6: Comparación de las predicciones derivadas del MNL y NL ante una reducción del tiempo total de viaje en un 10%.

Modos	Porcentaje de cambio predicho sobre la situación inicial después de haber aplicado la política (%).					
	(4)		(5)		(6)	
	MNL	NL	MNL	NL	MNL	NL
Avión	23,0	23,1	-20,1	-20,7	-3,3	-1,1
Jet-Foil	-19,2	-19,8	19,8	19,6	-3,5	-1,2
Ferry	-14,2	-10,2	-18,8	-11,0	68,9	22,9

La variación del tiempo generalizado o total que se invierte en el viaje en cada uno de los modos puede obedecer a medidas tendentes a mejorar las vías de acceso a las terminales marítimas o aeropuerto, a la mejor conexión entre el transporte terrestre y el que se realiza en los medios estudiados, a la reducción del tiempo de viaje en el vehículo -avión, jet foil o ferry-, etc; en fin se debe a cualquier medida que haga que el individuo tenga que invertir menos tiempo en la realización total de su viaje.

Los efectos de las variaciones en el tiempo total del viaje, que se muestran en el cuadro 5.6, ponen de manifiesto un incremento de la cuota del avión en un 23,1% ante la reducción del tiempo de viaje aéreo en un 10%; este resultado se explica en la medida en que, tal y como se observó al analizar la muestra, la mayoría de los pasajeros de esta línea parten y se dirigen hacia la capital de las islas, con lo cual si tenemos en cuenta que los aeropuertos insulares se sitúan en las afueras de estas capitales, una reducción del tiempo total necesario para la realización de este viaje hace esta alternativa mucho más atractiva.

En el caso del jet foil el incremento en la cuota que se produciría al reducir el tiempo total de viaje en este medio en un 10% es de un 19,6%, afectando en mayor medida al avión -una reducción de un 20,7%- frente al ferry -reducción de un 11,0%-. Por último, en el caso del ferry la reducción del tiempo total del viaje en un 10% hace que se incremente su cuota de mercado en un 22,9% y que se reduzca la del avión y jet foil muy poco, dado que aún aplicando una reducción del 10% del tiempo total de viaje en ferry éste sigue siendo un medio mucho más lento que los otros dos y por lo tanto es muy difícil que se produzcan desviaciones de los pasajeros de estos medios hacia el ferry. Por dicha razón también se aplican políticas más drásticas en el ferry

como la de una reducción del tiempo total de viaje en un 50%, observándose como se lograrían cambios espectaculares en su cuota de mercado, experimentando un incremento del orden de un 138%. Aunque de nuevo las variaciones en el jet foil y avión serían pequeñas, en este caso se reducirían un 6,3 y un 7,5% respectivamente.

Los resultados obtenidos con la simulación de las medidas de política señaladas son muy similares a los que se derivan de los modelos con las constantes que resultan de la estimación - véase Anexo 5.2 para comparar-; esto se debe a que la muestra utilizada presenta unas proporciones de viajeros para cada modo de viaje parecidas a las que se dan en la realidad.

5.2.2.1.- Las elasticidades.

El conocimiento de los cambios en la probabilidad de elección a nivel agregado, que se deriva del análisis de predicción efectuado en el epígrafe anterior, permite obtener las elasticidades con respecto al precio y al tiempo. Estas magnitudes resultan ser un instrumento muy útil en el análisis de la sensibilidad de la demanda ante cambios en las variables de oferta.

Los valores de las elasticidades que se presentan en el cuadro 5.7 se calculan para los porcentajes de variación de las variables explicativas aplicados anteriormente, esto es, una variación del 10% en el precio del billete y el tiempo total de viaje en cada uno de los medios de transporte. Así, se trata de elasticidades arco calculadas, a partir del modelo jerárquico mencionado anteriormente, utilizando la expresión dada por la ecuación (3.42) en el capítulo 3.

Cuadro 5.7: Elasticidades para cada uno de los medios de transporte.

Demanda de transporte en avión

Elasticidad precio	-0,088
Elasticidad tiempo	-1,785
Elasticidad cruzada	
Precio jet foil	0,081
Precio ferry	0,005
Tiempo jet foil	1,956
Tiempo ferry	0,047

Demanda de transporte en jet foil

Elasticidad precio	-0,076
Elasticidad tiempo	-1,836
Elasticidad cruzada	
Precio avión	0,076
Precio ferry	0,005
Tiempo avión	1,527
Tiempo ferry	0,044

Demanda de transporte en ferry

Elasticidad precio	-0,110
Elasticidad tiempo	-0,924
Elasticidad cruzada	
Precio avión	0,029
Precio jet foil	0,033
Tiempo avión	0,717
Tiempo jet foil	0,093

Los valores calculados reflejan la elasticidad a corto plazo ya que se supone que el individuo tiene fijado el origen y el destino. Asimismo, al tratarse de elasticidades obtenidas a partir de modelos de partición modal, éstas deben interpretarse en un contexto donde la generación de viajes y la distribución de características de los individuos permanecen constantes.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto como, independientemente del modo de viaje, la demanda de transporte de pasajeros es menos sensible al precio que al tiempo. Se observa que la demanda del ferry experimenta variaciones más fuertes ante cambios en el precio, a la vez que

responde menos a las variaciones del tiempo; hecho que corrobora los resultados que se habían obtenido anteriormente

La elasticidad del precio más baja se da para la demanda del jet foil, así como la mayor sensibilidad ante variaciones en el tiempo de viaje; este resultado reafirma la conclusión que los pasajeros del jet foil son los que muestran la mayor sensibilidad a variables de niveles de servicio, en este caso tiempo. De esta forma parece ser que la calidad del transporte (medida en términos de la variable tiempo) es la característica más importante para los pasajeros del jet foil así como para los del avión, aunque para estos en menor medida.

Por otra parte, tal y como se muestra a lo largo de este estudio, los pasajeros del ferry son los que más se diferencian en cuanto a sus características y motivaciones de ahí que no debe extrañar el que las elasticidades obtenidas para estos viajeros sean distintas a las del avión y el jet foil; poniendo de manifiesto que los pasajeros del ferry son muy poco sensibles a cambios en la duración del viaje y que la variable que ocasiona una mayor variación en su demanda es la del precio. Este hecho explica que los individuos que viajan en ferry elijan el modo más lento y barato.

La respuesta de los usuarios ante cambios en el precio es muy similar para los viajeros del avión y el jet foil frente a los del ferry, al igual que en el caso de las elasticidades de tiempo. Además las elasticidades cruzadas ponen, de nuevo, de manifiesto que el avión y el jet foil son dos medios sustitutivos frente al ferry.

Asimismo las elasticidades cruzadas indican que el avión y el jet foil compiten principalmente en lo que se refiere al tiempo de viaje, ya que son los cambios en esta variable los que producen las mayores variaciones en la demanda del otro modo (avión o jet foil), a la vez que la elasticidad cruzada del avión o jet foil ante cambios en los atributos que caracterizan la oferta del ferry son muy bajas poniendo de manifiesto que los cambios en las condiciones del viaje en ferry afectan muy poco a la demanda del avión y/o jet foil.

5.3.- CONCLUSIONES

La revisión bibliográfica acerca de los fundamentos teóricos del valor del tiempo permite mostrar la existencia de una variedad de estudios referidos a modelos de optimización restringida en los que se apoya el análisis individual de elección de producción familiar o individual "household production choices" que permiten formalizar la decisión hecha por un agente. Basados en la

formulación de estos modelos es posible obtener diferentes multiplicadores de Lagrange cada uno de los cuales tiene una interpretación económica dada por el precio sombra de la restricción o el coste de oportunidad. La utilidad marginal del tiempo dividida por la utilidad marginal del coste produce el valor marginal del tiempo. No obstante, las distintas formulaciones de las teorías de asignación del tiempo tienen diferentes implicaciones empíricas para la obtención de dicho valor.

De acuerdo a la teoría expuesta se deben considerar segmentaciones según las circunstancias en que se desarrolla el viaje, la naturaleza de las restricciones de tiempo que afectan al mismo, que estarán asociadas al propósito de éste y al periodo en que se realice, así como según las características del individuo. El objetivo es captar diferencias en los posibles usos de los tiempos ahorrados en el viaje y en la facilidad o dificultad para transferir o reprogramar actividades entre periodos.

Los resultados empíricos del valor del tiempo que se han obtenido en este capítulo permiten apuntar a una serie de conclusiones generales, que muestran como los viajeros del ferry son los que presentan los menores valores del tiempo, lo que explica que estos individuos elijan el modo de transporte más lento. A la vez que confirma que son los agentes con menores niveles de renta -característicos del ferry- los que otorgan un menor valor al tiempo.

Asimismo se ha comprobado como los pasajeros del avión y jet foil presentan valores del tiempo muy similares frente a los viajeros del ferry. No obstante, son los pasajeros del jet foil los que presentan el mayor valor, de ahí que en su proceso de elección decidan viajar en el modo de transporte que tiene asociadas menos incomodidades en la medida en que su estación marítima se sitúa en la capital y la mayor parte de los viajeros de este modo se dirigen a ella. Por tanto, para los viajeros que parten y/o llegan a las capitales insulares, el jet foil es el modo de transporte más rápido y por eso lo eligen los individuos con mayores valores del tiempo.

Además, se puede concluir que la certeza o seguridad acerca de la duración del viaje influyen en la valoración del tiempo que hace el individuo, de forma que es el tiempo de viaje en vehículo -avión, jet foil y ferry- el que genera menos desutilidad para el individuo. A diferencia del tiempo de acceso y el tiempo hasta el destino. Observándose además que el tiempo que tienen más próximo los individuos, tiempo de acceso, es el que les supone la mayor desutilidad y de ahí que estén dispuestos a pagar más por reducir este tiempo.

Otra conclusión importante, que se extrae de los resultados presentados, es que en esta línea son

los viajeros de negocios los que presentan los valores del tiempo más altos, en comparación al resto de motivos del viaje. Por tanto, se confirma la hipótesis de que es necesario segmentar según el motivo del viaje, a la vez que muestra que los pasajeros más ocupados, y por lo tanto con menos tiempo libre, son los que exhiben los mayores valores del tiempo. A diferencia de los viajeros por motivos de ocio que son los que conceden el menor valor a los ahorros de tiempo de viaje.

Los resultados que se obtienen al segmentar según el nivel de renta ponen de manifiesto que a medida que aumenta éste el individuo presenta un mayor valor del tiempo. Además, al segmentar según la frecuencia con la que el individuo realiza el viaje, variable que en principio resulta atractiva para segmentar la población, no se detecta ningún comportamiento claramente diferenciado, debido a que se generan muestras que no son homogéneas; por lo que quizás deba ser el motivo del viaje o el nivel de renta las variables importantes de cara a recoger comportamientos diferenciados en el proceso de elección del modo de transporte.

En cuanto a las predicciones de demanda realizadas en este capítulo, se observa como, al considerar la estructura del logit jerárquico como correcta, las cuotas de mercado del avión y el jet foil varían poco ante cambios en el precio o el tiempo del ferry, a la vez que son las variaciones en el jet foil las que afectan mayormente al avión y viceversa. Ello refleja que el avión y el jet foil son dos medios sustitutivos entre sí, al servir un mercado con necesidades y comportamientos diferentes a los que se dan en el ferry. Así, cuando se incrementa en un 10% el precio del billete en avión se reduce la cuota de mercado de este medio en un 32,2%, aumentando la del jet foil en un 27,8% y la del ferry en un 11,2%. Un comportamiento similar se obtiene cuando se altera la tarifa del jet foil. En el caso del ferry, la variación de su precio apenas altera las cuotas de mercado del avión y jet foil, a la vez que ocasiona una variación en la cuota de mercado del ferry más pequeña que la que se daba en los otros modos cuando se modificaban sus precios. Ello se debe a que aún produciéndose un incremento del 10% de la tarifa del ferry, este medio sigue siendo el más barato de los tres no desviándose demanda hacia los otros modos. Esta falta de movilidad se explica porque los viajeros del ferry viajan mayoritariamente en este medio por llevar mucha carga y/o su coche, es decir, que es una demanda cautiva.

Las predicciones derivadas de una medida de política que redujese el tiempo de viaje, provocan cambios en las cuotas de mercado con los signos esperados. Observándose que en este caso una reducción del tiempo total de viaje en ferry provocaría un incremento en su cuota de mercado de un 22,9%, y una reducción de la del avión y el jet foil muy pequeña, dado que aún aplicando una

reducción del 10% del tiempo total de viaje en ferry éste sigue siendo un medio mucho más lento que los otros dos y por lo tanto es muy difícil que se produzcan desviaciones de los pasajeros de estos medios hacia el ferry. Por dicha razón también se aplican políticas más drásticas en el ferry como la de una reducción del tiempo total de viaje en un 50%, observándose como se lograrían cambios espectaculares en su cuota de mercado, experimentando un incremento del orden de un 138%. Aunque de nuevo las variaciones en el jet foil y avión serían pequeñas, en este caso se reducirían un 6,3 y un 7,5% respectivamente.

El análisis de las predicciones efectuado en este capítulo permite derivar las elasticidades de demanda de cada uno de los modos de transporte disponibles en este trayecto. En este aspecto, los resultados obtenidos muestran que, independientemente del modo de viaje, la demanda de transporte de pasajeros es menos sensible al precio que al tiempo. Asimismo, los valores obtenidos indican que la demanda del ferry es la más sensible al precio y la que menos responde ante cambios en el tiempo de viaje. En el jet foil se observa la mayor elasticidad respecto al tiempo y la menor en relación al precio.

Las elasticidades obtenidas permiten reafirmar las conclusiones que se habían extraído previamente acerca de la similitud del comportamiento entre los pasajeros del avión y jet foil, ya que se observan unas elasticidades propias muy similares, a la vez que muy diferentes a las que se dan en la demanda del ferry. Asimismo, las elasticidades cruzadas del avión respecto a cambios en los atributos del jet foil así como la cruzada del jet foil ante variaciones en la condiciones de viaje en el avión, muestran que estos dos medios compiten entre sí principalmente en lo que se refiere al tiempo de viaje dado que los cambios en esta variable son los que ocasionan las mayores variaciones en la demanda del otro modo (avión o jet foil).

Finalmente señalar que las elasticidades calculadas de nuevo permiten concluir que se debe considerar al avión y el jet foil como dos medios sustitutivos entre sí frente al ferry.

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES.

En esta tesis se presenta un análisis económico del comportamiento y características de la demanda de servicios de transporte en el trayecto Gran Canaria-Tenerife. Se analizan diferentes aspectos de la demanda tales como la variabilidad de la misma, la existencia de estacionalidad determinística, la composición -en cuanto a las características de los viajeros de cada modo-, las preferencias que revelan los usuarios al elegir el medio de transporte y el valor subjetivo de los ahorros de tiempo.

La modelización de la conducta de viajeros en su proceso de elección del modo de transporte se ha formalizado con modelos de elección discreta utilizando diversas especificaciones. En una primera aproximación se emplean modelos logit y probit binomiales, y posteriormente se plantean modelos trinomiales logit simple y jerárquicos, que constituyen el centro de la investigación y son los que permiten extraer las conclusiones más importantes de este estudio.

El objetivo principal que se persigue con el planteamiento de estos modelos es el de la derivación de los valores del tiempo de los individuos. Estos valores permiten conocer la disposición de los pasajeros a pagar por disminuir el tiempo de viaje en una unidad y son una medida importante de cara a la implementación de políticas que diferencien los segmentos de mercado de acuerdo a los distintos valores del tiempo.

Cada uno de los capítulos que estructura este trabajo incluyen unas conclusiones finales que posibilitan el diseño de las conclusiones generales que se presentan a continuación.

La demanda de transporte de pasajeros en la ruta Gran Canaria-Tenerife se cubre por tres modos de transporte: avión, jet foil y ferry, de entre los cuales son el avión y el jet foil los que se enfrentan a una demanda similar constituyéndose en dos medios que compiten entre sí, disputándose el reparto de este mercado.

La demanda de transporte se caracteriza por la existencia de un comportamiento estacional y por la presencia de periodos con distinta concentración de demanda. El análisis de intervención - junto con el análisis gráfico- permite confirmar la existencia de estos periodos de tiempo. Existen además determinados hechos que repercuten en el comportamiento de la demanda, tales como el periodo vacacional de la Semana Santa que supone un incremento de la demanda de un 6%, aumento que coincide para cada una de las series de demanda analizadas, así como la estacionalidad derivada del periodo vacacional que hace que la demanda crezca en los meses de julio, agosto y septiembre, con la generación predominantemente de viajeros por motivos de

ocio. Además se observa como la mayoría de los cambios de la demanda se deben a variaciones en la oferta, donde destaca el cambio que ocasionó la entrada en funcionamiento de la compañía aérea Binter Canarias.

Con la introducción en 1989 de la compañía regional Binter Canarias se produce un incremento importante en la frecuencia de vuelos, ocasionando una notable mejora respecto a los años anteriores donde la expansión de la demanda se había visto limitada por las restricciones de la oferta aérea, teniendo la demanda aérea insatisfecha que dirigirse al jet foil.

La variabilidad de la demanda se considera uno de los problemas más importantes con los que se enfrentan los viajeros, debido a que la concentración de ésta en determinados momentos hace imposible encontrar plazas disponibles a las horas y días en que desean viajar.

El análisis descriptivo de las características de la demanda de los viajeros de este trayecto permite definir un perfil muy similar entre los pasajeros del jet foil y el avión, tanto en lo referente a las características socioeconómicas de los mismos -nivel de renta, motivo del viaje, origen y destino- como a la frecuencia con que realizan sus viajes. Sin embargo, el atributo que más valoran en cada uno de los medios es diferente, para los pasajeros del avión se trata de la rapidez del medio y para los del jet foil parece ser la comodidad lo que lleva a la mayor parte de los viajeros a elegir este medio.

Cuando los pasajeros tienen su origen y destino situado en las capitales insulares se puede considerar que el tiempo total del viaje es muy similar en el avión y en el jet foil; no obstante, la duración del viaje en el avión es de treinta minutos mientras que en el jet foil es de una hora y veinte minutos, lo que puede llevar a que los individuos consideren el avión más rápido.

El modo de transporte más utilizado en esta ruta es el aéreo, el cual posee como principales ventajas la elevada frecuencia diaria que ofrece en comparación al jet foil, así como su mayor amplitud horaria; siendo la oferta del jet foil más rígida en la medida en que su menor flota, junto con la mayor duración del viaje, hacen que la frecuencia ofrecida sea menor.

Estas características de la oferta del jet foil han llevado a que cuando se produce una avería, o incluso ante la retirada de alguna embarcación en los periodos de revisión, se produzcan importantes caídas de la oferta que lógicamente se traducen en considerables descensos en los niveles de demanda, tal y como se comprueba en el análisis de intervención y gráfico que se realiza sobre la serie univariante de demanda del jet foil, que muestran como la mayoría de las

variables de intervención que se introducen allí -con objeto de recoger variaciones anómalas de la demanda- se deben a las averías sufridas por el jet foil.

Asimismo, se observa como los índices de ocupación que se dan en el avión (70%) son muy superiores a los del jet foil (45%), lo cual puede llevar a que se den problemas de exceso de oferta del jet foil en las horas valle y escasez de oferta del avión en las horas punta.

Por su parte la oferta del ferry sirve un mercado con comportamientos y necesidades distintas, presentando un viaje más barato, de más larga duración y con una menor frecuencia -sólo es posible viajar en ferry en determinados días-. Se trata de un medio de escasa importancia en cuanto al número de pasajeros transportados, a la vez que presenta una tendencia decreciente en su cuota de mercado, siendo la composición de su demanda diferente a la de los otros modos, encontrándose que en el ferry predominan los viajeros con niveles de renta bajo, así como los pasajeros de ocio.

Por tanto, se puede concluir que el ferry no ejerce una competencia efectiva al avión y al jet foil, ya que la mayoría de los pasajeros que viajan en este medio lo hacen porque llevan su coche - posibilidad que sólo se da en el ferry- o porque viajan con mucha carga, lo que convierte a estos individuos en cautivos de este medio.

Los pasajeros que caracterizan la ruta objeto de estudio son los que viajan por motivos de negocio y tienen su origen y destino situado en las capitales insulares (un 55% de estos viajeros), siendo además los que realizan su viaje con mayor frecuencia (un 30% realiza el viaje una vez al mes), concentrando su demanda en el día punta del miércoles -tanto en avión como en jet foil- y situándose en mayor medida en los niveles de renta comprendidos entre 150.000 y 200.000 pesetas (30% en jet foil y en avión), a excepción de los viajeros de negocios del ferry, quienes en su mayoría declaran disponer de unas rentas inferiores a 150.000 ptas.

Los pasajeros de negocios realizan su viaje sobre todo por la mañana y en las horas de la tarde-noche, tal y como se comprobó en el análisis descriptivo de la muestra. Esto produce importantes problemas de concentración de la demanda de transporte aéreo en las horas de la tarde-noche, ya que durante este periodo los pasajeros son cautivos de este medio debido a que no opera ninguna otra alternativa de transporte interinsular.

Las otras categorías de viajeros (viajeros de ocio, estudios y otros), suponen unos porcentajes muy inferiores a los de negocios, y presentan un comportamiento distinto. Así se observa como

los pasajeros de ocio viajan con menor frecuencia, lo cual deriva de la naturaleza de este tipo de viaje.

Por su parte, la mayoría de pasajeros que viajan por motivo de estudios presentan una frecuencia de viaje igual o superior a una vez al mes. Esta gran movilidad se debe a que en esta submuestra la mayoría de los individuos son estudiantes que tienen fijada su residencia en una isla y el lugar de estudio en la otra.

Los comportamientos descritos prácticamente se repiten en el avión y el jet foil, donde la principal diferencia está en que es en el jet foil donde se concentran los mayores porcentajes de pasajeros con niveles altos de renta, aunque esta diferencia no es muy importante. Este hecho puede estar explicando los mayores valores del tiempo que muestran los pasajeros del jet foil en comparación a los del avión y el ferry.

Los valores del tiempo obtenidos en este estudio derivan de la aplicación de modelos de elección discreta. Así se observa como existen distintas formas funcionales para estimar un modelo de elección discreta que formalice las elecciones del modo de transporte. En este trabajo se realiza una revisión de las principales especificaciones econométricas que se utilizan con este propósito, observándose que cada una de ellas tiene una serie de ventajas y limitaciones, por lo que aunque estos modelos han sido muy difundido en los últimos años, no existe un consenso acerca de cuál es la estructura más adecuada. De ahí que deben ser las condiciones propias del problema a analizar las que lleven a definir la estructura finalmente elegida.

En este aspecto, la importante similitud observada en el comportamiento de la demanda del avión y el jet foil, ha sido el motivo por el que se proponen, en el capítulo cuarto, estructuras de correlación entre las distintas alternativas disponibles para realizar el viaje interinsular. De esta forma se comprueba como la estructura del logit jerárquico, que agrupa al avión y al jet foil dentro de un mismo nido, recoge mejor las elecciones observadas en la mayoría de los casos; confirmando la hipótesis de mayor similitud entre estos modos.

Este hecho es de gran importancia de cara a la fiabilidad de los resultados que se obtienen, ya que cuando se considera que existen alternativas muy similares entre sí, el modelo logit simple resulta inadecuado, puesto que se apoya en el axioma de la independencia de alternativas irrelevantes, según el cual la existencia o no de una nueva alternativa no afecta a la relación existente entre dos pares cualesquiera de ellas.

Los resultados que se derivan de los modelos jerárquicos propuestos, permiten conocer la ponderación que hacen los individuos de los distintos atributos que caracterizan los modos de transporte disponibles, observando como las variables más significativas en este proceso son el tiempo y el precio del billete. Además se muestra como la percepción de los atributos cambia en función de la alternativa elegida, comprobándose que a nivel estadístico es más correcto plantear modelos que introduzcan las variables como específicas de cada uno de los modos de transporte.

El planteamiento de modelos con parámetros específicos permite derivar una serie de conclusiones importantes acerca de la valoración que hacen los pasajeros de los atributos de los modos de transporte; así se obtiene que los viajeros del jet foil son los que ponderan en mayor medida el tiempo, siendo los pasajeros del ferry los que conceden menor importancia a esta variable, presentando el menor coeficiente del tiempo -en valor absoluto-. Además, las diferencias más significativas se producen entre los pasajeros del ferry respecto a los del avión y jet foil.

Este hecho lleva a que la valoración de ahorros de tiempo para los pasajeros del jet foil sea la más alta (1.465 ptas/hora), aunque no se dan grandes diferencias con respecto a los valores obtenidos para los viajeros del avión (1.360 ptas/hora), mostrándose los menores valores para los usuarios del ferry (256 ptas/hora).

La valoración tan baja que conceden los pasajeros del ferry a los ahorros de tiempo, explica que estos individuos elijan el modo de transporte más lento. A la vez que confirma que son los agentes con menores niveles de renta -característicos del ferry- los que otorgan un menor valor al tiempo.

Asimismo, el valor del tiempo obtenido para los pasajeros del jet foil, permite explicar que estos individuos decidan viajar en el modo de transporte que tiene asociadas menos incomodidades por tener su estación marítima situada en la capital y la mayor parte de los viajeros de este modo dirigirse a ella. Por tanto, para los individuos que parten y/o llegan a las capitales insulares el jet foil es el modo de transporte más rápido y, en esa medida, el que eligen los individuos con mayores valores del tiempo.

Además, se puede concluir que la certeza o seguridad acerca de la duración del viaje influye en la valoración del tiempo que hace el individuo, de forma que es el tiempo de viaje en vehículo -avión, jet foil y ferry- el que genera menos desutilidad para el individuo. A diferencia del tiempo de acceso y el tiempo hasta el destino. Observándose además que el tiempo que tienen más

próximo los individuos, tiempo de acceso, es el que les supone las mayor desutilidad y de ahí que estén dispuestos a pagar una cantidad mayor de dinero por reducir este tiempo. Esto muestra que los individuos valoran más los tiempos asociados a la realización del viaje interinsular que el propio tiempo que transcurre en el modo de transporte elegido para desplazarse entre las islas.

Otra conclusión importante, que se extrae de los resultados presentados, es que en esta línea los viajeros de negocios son los que presentan los valores del tiempo más altos (1.834 ptas/hora), en comparación al resto de motivos del viaje . Por tanto, se confirma la hipótesis relativa a la necesidad de segmentar según el motivo del viaje, a la vez que se muestra que los pasajeros más ocupados, y por lo tanto con menos tiempo libre, son los que exhiben los mayores valores del tiempo. A diferencia de los viajeros por motivos de ocio que son los que muestran el valor del tiempo más bajo (1.270 ptas/hora).

Estos resultados apuntan al diseño de políticas operativas que diferencien el mercado al que se quiere llegar, así en aquellos periodos del tiempo en que predominen pasajeros de negocio se deben atender a variables de calidad del servicio tendentes a reducir el tiempo total invertido en la realización del viaje, mientras que el cambio en la tarifa afectará fundamentalmente a los viajeros por motivos de estudio. No obstante, también hay que tener en cuenta que el nivel de renta del individuo es una variable importante a la hora de diseñar cualquier tipo de política y que se debe considerar junto con el motivo del viaje.

Los resultados que se obtienen al segmentar según el nivel de renta ponen de manifiesto que a medida que aumenta éste el individuo presenta un mayor valor del tiempo.

En este estudio también se ha constatado la existencia de un decrecimiento de la utilidad marginal de la renta. Se observa que los pasajeros con mayores niveles de renta ponderan menos el precio a la vez que conceden mayor importancia al tiempo que invierten en la realización del viaje, esto es, la desutilidad derivada del tiempo es mayor en estos viajeros. Este resultado pone de manifiesto la existencia de un efecto ingreso en la elección del modo de transporte, hecho que se constata siguiendo la metodología propuesta por Jara-Díaz y Videla (1989), la cual se muestra como la mejor técnica, para captar el efecto de la renta, entre las aplicadas en este estudio.

Al segmentar según la frecuencia con la que el individuo realiza el viaje no se detecta ningún comportamiento claramente diferenciado, debido a que se generan muestras que no son homogéneas; por lo que quizás deba ser el motivo del viaje o el nivel de renta las variables importantes de cara a recoger comportamientos diferenciados en el proceso de elección del modo

de transporte.

Todos los resultados comentados se deben matizar teniendo en cuenta que en nuestro marco de estudio el transporte aéreo tiene un significado distinto al que se puede dar en otros contextos, en gran medida debido a la ausencia del transporte terrestre. Esto se debe tener en cuenta a la hora de comparar los resultados obtenidos en este estudio con los que se dan en otras partes del mundo, donde el transporte aéreo presenta unas características diferentes a las existentes aquí.

En cuanto a las predicciones de demanda realizadas en este trabajo, se observa como las cuotas de mercado del avión y el jet foil varían poco ante cambios en el precio o tiempo del ferry, a la vez que son las variaciones en el jet foil las que afectan principalmente al avión y viceversa. Esto deriva de la consideración de una estructura jerárquica que agrupa en un nido al avión y el jet foil como dos medios sustitutivos entre sí que sirven un mercado con necesidades y comportamientos diferentes a los que se dan en el ferry. Así cuando se incrementa en un 10% el precio del billete en avión se reduce la cuota de mercado de este medio en un 32,2%, aumentando la del jet foil en un 27,8% y la del ferry en un 11,2%. Comportamiento similar se obtiene cuando se altera la tarifa del jet foil.

Las predicciones derivadas de una medida de política que redujese el tiempo de viaje, provocan cambios en las cuotas de mercado con los signos esperados. Observándose que en este caso una reducción del tiempo total de viaje en ferry provocaría un incremento en la cuota de mercado de un 22,9%, y una reducción de la del avión y el jet foil muy pequeña, dado que aún aplicando una reducción del 10% del tiempo total de viaje en ferry éste sigue siendo un medio mucho más lento que los otros dos y por lo tanto es muy difícil que se produzcan desviaciones de los pasajeros de estos medios hacia el ferry. Por dicha razón también se aplican políticas más drásticas en el ferry como la de una reducción del tiempo total de viaje en un 50%, observándose como se lograrían cambios espectaculares en su cuota de mercado, experimentando un incremento del orden de un 138%. Aunque de nuevo las variaciones en el jet foil y avión serían pequeñas, en este caso se reducirían un 6,3 y un 7,5% respectivamente.

El análisis de las predicciones efectuado en esta tesis permite derivar las elasticidades de demanda de cada uno de los modos de transporte disponibles en este trayecto. En este aspecto, los resultados obtenidos muestran que, independientemente del modo de viaje, la demanda de transporte de pasajeros es menos sensible al precio que al tiempo. Asimismo, los valores obtenidos indican que la demanda del ferry es la más sensible al precio y la que menos responde ante cambios en el tiempo de viaje. En el jet foil se observa la mayor elasticidad respecto al

tiempo y la menor en relación al precio. Asimismo, las elasticidades cruzadas del avión respecto a cambios en los atributos del jet foil así como la cruzada del jet foil ante variaciones en la condiciones de viaje en el avión, muestran que estos dos medios compiten entre sí principalmente en lo que se refiere al tiempo de viaje dado que los cambios en esta variable son los que ocasionan las mayores variaciones en la demanda del otro modo (avión o jet foil).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

AKAIKE, H. (1973): "Information Theory and Extension of the Maximun Likelihood Principle". En B.N. Petrou y F. Csaki (eds), *Second International Symposium on Information Theory*. Budapest.

AMEMIYA, T. (1981): "Qualitative Response Models: A Survey". *Journal of Economic Literature*, Vol XIX, págs. 1485-1536.

ARMSTRONG, P y J. ORTUZAR (1994): "Valor Subjetivo del Tiempo en el Viaje al Trabajo". *VII Congreso Panamericano de Ingeniería de Tránsito y Transporte*, Ciudad de México, México, 11-14 de Julio.

BATES, J. (1987): "Measuring Travel Time Values with Discrete Choice Model: A Note". *The Economic Journal*, Vol. 97, págs. 493-498.

BATES, J. y M. ROBERTS (1986): "Value of Time Research: Summary of Methodology and Findings". *14th PTRC Summer Annual Meeting*, University of Sussex, Inglaterra, 14-18 Julio.

BECKER, G. (1965): "A Theory of the Allocation of Time". *The Economic Journal*, Vol.75, N°299, págs. 493-517.

BEN-AKIVA, M y S. LERMAN (1985): *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.

BIDDLE, J y D. HAMERMESH (1990): "Sleep and the Allocation of Time". *Journal of Political Economy*, Vol. 98, N° 5, págs. 922-943

BLOCK, H. y J. MARSCHAK (1960): "Random Orderings and Stochastic Theories of Response". En I. Olkin (ed). *Contributions to Probability and Statistics*. Stanford: Stanford University Press, págs. 97-132.

BRUZELIUS, N. (1979): *The Value of Travel Time*. Croom Helm, London.

BRUZELIUS, N. (1981): "Microeconomic Theory and Generalised Cost". *Transportation*, Vol. 10, N° 3, págs. 233-245.

CHEUNG, Y., H. KLEIJN y H. GUNN (1989): "The Netherlands Value of Travel Time Study: Results and policy implications". Institute for Transport Studies. University of Leeds.

CRAMER, A. (1991): *The Logit Model. An introduction for Economist*. Eduard Arnold. London.

DAGANZO, C. (1979): *Multinomial Probit: The Theory and its Application to Demand Forecasting*. Academic Press, New York.

DALY, A. (1982): "Estimating Choice Models Containing Attration Variables". *Transportation Research*, Vol. 16B, N° 1, págs. 5-15.

DALY, A. (1987): "Estimating "tree" logit models". *Transportation Research*, Vol. 21B, N° 4, págs. 251-267.

DALY, A. (1992): ALOGIT 3.2 User's Guide. Hague Consulting Group, La Haya.

DALY, A. y S. ZACHARY (1978): "Improved Multiple Choice Models". In D.A. Hensher y M.Q. Dalvi (eds), *Determinants of Travel Choice*, Saxon House, Westmead.

DE RUS, G. (1989): "Las empresas Públicas de Transporte en España". *Papeles de Economía Española*, N° 39, págs. 349-382.

DE RUS, G. (1992): "El Sistema de Transportes en Canarias: Situación Actual y Perspectivas Futuras". *I Encuentro sobre el entorno internacional de esta década y las perspectivas de la economía canaria*. INESE

DE SERPA, A. (1971): "A Theory of the Economics of Time". *The Economic Journal*, Vol. 81, págs. 828-846.

DE SERPA, A. (1973): "Microeconomic Theory and the Valuatuiou of Travel Time: Some Clarifications". *Regional Urban Economics*, Vol. 2, págs. 401-410.

DÍEZ, M. (1988): "Modelos con Variable Dependiente Cualitativa y de Variación Limitada". *Cuadernos Económicos de I.C.E*, Vol 2, N° 39, págs 7-49.

DOMENCICH, T. y D. MCFADDEN (1975): *Urban Travel Demand: A Behavioural Analysis*. North-Holland, Amsterdam.

EILON, S. (1972): "Goals and constraints in decision making". *Operation Research Quarterly*, Vol. 23, N° 1, págs 3-5.

EVANS, A. (1972): "On the Theory of the Valuation and Allocation of Time". *Scottish Journal of Political Economy*, Febrero, págs. 1-17.

RAMJERDI, F. (1991): "Is There a Value of Travel Time? A Note". *Nordic Seminar on the value of travel time*. Institute of Transport Economics. Diciembre 2-3, Majvik, Finland.

FERNÁNDEZ, J. (1992): "El Valor Subjetivo del Tiempo: Antecedentes y Marco Teórico para una Investigación Empírica". Pontificia Universidad Católica de Chile. Documento de Trabajo N° 63.

FOERSTER, J. (1981): "Nonlinear and Non-Compensatory Perceptual Functions of Evaluations and Choice". En P.R.Stopher, A.H. Meyburg and W.Brög(eds), *New Horizons in Travel Behaviour Research*. D.C. Heath and Co., Lexington, Mass.

FOWKES, T. (1986): "The UK Department of Transport Value of Time Project: Results for North Kent Commuters Using Revealed Preferences Methods". *International Journal of Transport Economics*, Vol 13, págs. 197-207.

GALLÁSTEGUI, I. (1985): "Aspectos Básicos de los Modelos de Elección Discreta". *Revista Española de Economía*, Vol.2, N° 2, págs 187-202.

GAUDRY, M. y M. DAGENAIS (1979): "The Dogit Model". *Transportation Research*, Vol. 13B(2), págs. 105-111.

GAUDRY, M., S. JARA-DIAZ, y J. ORTÚZAR (1989): "Value of Time Sensitivity to Model Specification". *Transportation Research*, Vol. 23B, N° 2, págs. 151-158.

GAUDRY, L., P. LESTAGE, J. GUÉLAT Y P. GALVAN (1993): "TRIO- Tutorial 1.0". Publication #902, Centre de recherche sur les transports. Univesité de Montreal.

GAUDRY, M. y B. MANDEL (1994): "Trio Algorithms and Changes in Transport Conditions". Ponencia presentada en *Transport Econometrics: Effects of New Major Infraestructura*. Applied Econometrics Association. Calais, Francia, 20 y 21 de Enero.

GAUDRY, M y M. WILLS (1978): "Estimating the Functional Form of Travel Demand Models". *Transportation Research*, Vol. 12, Nº 4, págs 257-289.

GEORGESCU-ROEGEN, N. (1937): "The Pure Theory of Consumer's Behavior". *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 50, págs. 545-593.

GEORGESCU-ROEGEN, N. (1958): "Threshold in Choice and the Theory of Demand". *Econométrica*, Vol. 26, págs. 157-168.

GONZÁLEZ-MARRERO, R. y N. PÉREZ-MARANTE (1993): "Estudio de la Demanda Aérea de Pasajeros en Canarias. Una aplicación del Análisis de Intervención con Series Univariantes en la Línea Tenerife/Gran Canaria". Facultad de CC Económicas y Empresariales, Universidad de La Laguna. Documento de Trabajo Nº 43.

GONZÁLEZ-MARRERO, R., G. GUIRAO y N. PÉREZ MARANTE (1994a): "Choice of Travel Mode and the Value of Time between the Canary Islands". Ponencia presentada en *Transport Econometrics: Effects of New Major Infrastructures*. Applied Econometrics Association. Calais, Francia, 20 y 21 de Enero.

GONZÁLEZ-MARRERO, R., G. GUIRAO y N. PÉREZ-MARANTE (1994b): "Estimación de la Demanda de Transporte Aéreo y el Valor del Tiempo con un Modelo Probit". Ponencia presentada en la *Séptima Conferencia Internacional sobre Comportamiento de los Viajeros*. International Association for Travel Behaviour Research. Santiago, Chile, 13-16 de Junio.

GREENE, W. (1991): *Econometric Analysis*. Maxwell Macmillan International Editions. New York.

GREENE, W. (1991): Limdep 6.0. Abridged User's Manual. Econometric Software, Inc.

GRONAU, R. (1970): "The Value of Time in Passenger Transportation: The Demand for Air Travel". Occasional Paper Nº109 NY: NBER, 1970

GUNN, H. (1983): "Generalised cost or Generalised Time". *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. XVII, Nº 1, págs.91-94.

GUNN, H. (1991): "Research into the Value of Travel Time Savings and Losses. The Netherlands 1985 to 1991". *Nordic Seminar on the Value of Time*, Majvik, Finlandia, 2 y 3 de Diciembre.

HAU, T. (1982): "A Hicksian Approach to Cost Benefit Analysis with Discrete Choice Models". *Económica*, Vol 52, págs. 479-490.

HAUSMAN, J. y D. WISE (1978): "A Conditional Probit Model for Qualitative Choice: Discrete Decisions Recognizing Interdependence and Heterogeneous Preferences". *Econometría*, Vol 46, Nº2, págs. 403-426.

HEGGIE, I. (1983): "Valuing Saving in Non Working Travel Time: The Empirical Dilema". *Transportation Research*, Vol 17A, Nº1, págs.13-23.

HIMENAN, V. (1991): "The Value of Travel Time: European Approach: DRIVE-EVA". *Nordic Seminar on the Value of Time*. Majvik, Finlandia, 2 y 3 de Diciembre.

HOROWITZ, J. (1980): "The Accuracy of the Multinomial Logit Model as an Approximation to the Multinomial Probit Model of Travel Demand". *Transportation Research*, Vol 14B, págs. 331-341.

JARA-DÍAZ, S. (1990a): "Income and Taste in Mode Choice Models: Are They Surrogates?". *Transportation Research*, Vol 25B, Nº 5, págs.341-350.

JARA-DÍAZ, S. (1990b): "Valor Subjetivo del Tiempo y Utilidad Marginal del Ingreso en Modelos de Partición Modal". *Apuntes de Ingeniería*, Vol. 39, págs. 41-50.

JARA_DÍAZ, S. (1994): "A General Micro-Model of Users' Behavior: The Basic Issues". Ponencia presentada en la *Séptima Conferencia internacional sobre comportamiento de los viajeros*. International Association for Travel Behaviour Research. Santiago, Chile, 13-16 de Junio.

JARA-DÍAZ, S. y M. FARAH (1987): "Transport Demand and User's Benefits with Fixed Income: The Goods/Leisure Trade-Off Revisited". *Transportation Research*, Vol. 21B, N°2, págs. 165-170.

JARA-DÍAZ, S., J. ORTÚZAR y R. PARRA (1988): "Valor Subjetivo del Tiempo Considerando Efecto Ingreso en la Partición Modal". *V Congreso Panamericano de Ingeniería de Tránsito y Transporte*. Universidad de Puerto Rico. Mayagüez, 18-21 de julio.

JARA-DÍAZ, S. Y J. ORTÚZAR (1989): "Introducing the Expenditure Rate in the Estimation of Mode Choice Models". *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. XXIII, págs 293-308.

JARA-DÍAZ, S. y J. VIDELA (1989): "Detection of Income Effect in Mode Choice: Theory and Application". *Transportation Research*, Vol. 23B, N° 6, págs. 393-400.

JARA-DÍAZ, S. y J. VIDELA (1990): "Welfare Implications of the Omission of Income Effect in Mode Choice Models". *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 24, págs. 83-93.

JUSTER, F y F. STAFFORD (1991): "The Allocation of Time: Empirical Findings, Behavioral Models, and Problems of Measurement". *Journal of Economic Literature*, Vol. XXIX, págs. 471-522.

KOPPELMAN, F. (1975): *Travel Prediction with Models of Individualistic Choice Behavior*. Ph.D. dissertation, Department of Civil Engineering, MIT, Cambridge, Mass.

LANCASTER, K. (1966): "A New Approach to Consumer Theory". *Journal of Political Economy*, Vol 74, págs. 132-157.

LERMAN, S. y J. LOUVIERE (1978): "The Use of Functional Measurement to Identify the Form of Utility Functions in Travel Demand Models". *Transportation Research Record*, 673, págs 78-85.

LUCE, R. (1959): *Individual Choice Behaviour. A Theoretical Analysis*. New York. Willey.

LUCE R. y P. SUPPES (1965): "Preference, Utility, and Subjective Probability". In R. Luce, R.

Bush, and E. Galanter (eds), *Handbook of Mathematical Psychology*, III New York: Wiley.

MADAN, D. (1986): "Utility Correlations in Probabilistic Choice Modelling". *Economics - letters*, Vol. 20, págs. 241-245.

MADDALA, G. (1983): *Limited Dependet and Qualitative Variables in Econometrics*. Cambridge, University Press.

MANSKI, C. (1977): "The Structure of Random Utility Models". *Theory and Decision*, Vol.8, págs 229-254.

MAYBERRY, J. (1973): "Structural Requirements for Abstract-Mode Models of Passenger Transportation". En R.E. Quandt (ed), *The Demand for Travel. Theory and Measurement*. D.C. Heath and Co., Lexington, Mass.

MATAS, A. (1990): *El Transporte Urbano: Análisis de la Eficiencia y Factores Condicionantes de la Demanda*. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Bellaterra, Barcelona.

MCFADDEN, D. (1973): "Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior". In *Frontier in Econometrics* (Edited by P. Zarembka). Academic Press, New York.

MCFADDEN, D. (1974): "The Measurement of Urban Travel Demand". *Journal Public Economics*, Vol. 3, págs. 303-328.

MCFADDEN, D. (1978): "Modelling the Choice of Residential Location". In A. Karlquist, L. Lundquist, F. Snickarsand y J. Weibull (eds). *Spatial Interaction Theory and Planning Models*. North-Holland. Amsterdam.

MCFADDEN, D. (1981): "Econometric Models of Probabilistic Choice". in C.F. Manski y D. McFadden (eds): *Structural Analysis of Discrete Data with Econometric Applications*. MIT Press, Cambridge, MA.

MCFADDEN, D. (1986): "The Choice Theory of Market Research". *Marketing Science*, Vol 5, págs 275-297.

MCFADDEN, D. (1988): "El Análisis Econométrico de los Modelos de Respuesta Cualitativa". Traducción en *Cuadernos Económicos de I.C.E.*, Vol 2, Nº 39, págs 7-49.

MORALES, E., A. ESPASA y M. ROJO (1990): "Univariate Methods for the Analysis of the Industrial sector in Spain". Banco de España. Servicio de Estudios. Documento de Trabajo Nº 8904.

MORALES, E, J. IZQUIERDO y A. ESPASA (1991): "El Análisis de la Coyuntura Industrial en la Comunidad Autónoma del País Vasco Mediante el Uso de Modelos Univariantes". Universidad Carlos III, Madrid. Documento de Trabajo 91-07.

MOPT (1991): "Manual de Evaluación de Inversiones en Ferrocarril de Vía Ancha". Madrid.

MVA CONSULTANCY, INSTITUTE FOR TRANSPORT STUDIES UNIVERSITY OF LEEDS Y TRANSPORT STUDIES UNIT UNIVERSITY OF OXFORD (1987): "The Value of Travel Time Savings". Policy Journal, Newbury, Berks.

ORTÚZAR, J. (1982): "Fundamentals of Discrete multimodal choice modelling". *Transport Review*, Vol, 2, Nº 1, págs. 47-78.

ORTÚZAR, J. (1983): "Nested Logit Models for Mixed-Mode Travel in Urban Corridors". *Transportation Research*, Vol. 17A, nº 4, págs 283-299.

ORTÚZAR, J. y A. ESPINOSA (1987): "Influencia del ingreso y tasa de motorización en la partición modal para el viaje al trabajo". *Third Latin-Iberoamerican Meeting of Operations Research and Systems Engineering*. Santiago, Chile.

ORTÚZAR, J., F. ACHONDO y A. IVELIC (1987): "Sequential and Full Information Estimation of Hierarchical Logit Models: Some New Evidence". *11th Triennial Conference on Operations Research*. Buenos Aires, Argentina, Agosto.

ORTÚZAR, J. y L. WILLUMSEN (1994): *Modelling Transport*. 2ª edición, John Wiley & Sons, Chichester.

PHOEBUS, J. (1986): "Variables Dependientes Limitadas". Traducción de Daniel Manzano

Romero del capítulo 27 del Handbook of Econometrics, Vol. III, págs 1567-1631, ed Z. Griliches y M. Intriligator. Elsevier Science Publisher B.V. *Cuadernos Económicos del I.C.E.* N° 39, 1988/2.

PITA, J. (1989): "Trasmediterránea y el Servicio Marítimo de Pasajeros en Canarias". *Jornadas Transporte Marítimo*. Consejería de Turismo y Transportes. Gobierno de Canarias.

PLAN REGIONAL DE TRANSPORTES MARÍTIMO Y AÉREO (1993). Ministerio de Obras Públicas y Transporte.

POLLAK, R. y M. WACHTER (1975): "The Relevance of the Household Production Function and its Implications for the Allocation of Time". *Journal of Political Economy*. Vol. 83, N°2, págs. 255-277.

QUANDT, R. (1956): "A Probabilistic Theory of Consumer Behavior". *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 70, págs. 507-536.

QUARMBY, D. (1967): "Choice of Travel Mode for the Journey to Work: Some Findings". *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 1, págs 197-207.

RECKER, W., MCNALLY y G. ROOT (1986): "A Model of Complex Travel Behaviour". *Transportation Research*, Vol. 20A, págs 307-330.

RECKER, W. y G. ROOTS (1983): "Toward a Dynamic Model of Individual Activity Pattern Formulation". En Carpenter S y P. Jones (eds) *Recent Advances in Travel Demand Analysis*, Aldershot: Gower, págs. 371-382,

SLOVIC, P., B. FISCHOFF y L. LICHTTENSTEIN (1977): "Behavioral Decision Theory". *Ann Rev. Psychology*.

SOBEL, K. (1980): "Travel Demand Forecasting by Using the Nested Multinomial Logit Model". *Transportation Research Record*, 775, págs 45-55.

SVENSON, O. (1979): "Process Descriptions of Decision-Making". *Org. Behavior Human Performance*, Vol. 23, págs. 86-112.

SWAIT, J. y M. BEN-AKIVA (1987): "Empirical Test of a Constrained Choice Discrete Model: Mode Choice in Sao Paulo Brazil". *Transportation Research*, Vol. 21B, págs. 103-116.

TABASA (1991): "Estudio sobre el Valor del Tiempo y sobre el Tráfico de Vallvidriera y Accesos".

THURSTONE, L. (1927): "Psychological Analysis". *American Journal of Psychology*, Vol. 38, págs. 368-389.

THURSTONE, L. (1945): "The Prediction of Choice". *Psychometrika*, Vol 10, N° 4, págs. 237-253.

TIPPING, D. (1968): "Time Saving in Transport Studies". *The Economic Journal*, Vol. 78, págs. 843-854.

TRAIN K. (1976): " Work Trip Mode Split Models: An Empirical Exploration of Estimate Sensitivity to Model and Data Specification". Urban Travel Demand Forecasting Project, Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley. Working Paper N° 7602.

TRAIN, K. y D. MCFADDEN (1978): "The Goods/Leisure Trade-Off and Disaggregate Work Trip Mode Choice Models". *Transportation Research*, Vol. 12, págs 349-353.

TRUONG, P y D. HENSHER (1985a): "Measurement of Travel Time Values and Opportunity Cost from a Discrete-Choice Model". *The Economic Journal*, Vol. 95, págs. 438-451.

TRUONG, P y D. HENSHER (1985b): "Valuation of Travel Time Savings. A Direct Experimental Approach". *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 19, págs 237-261.

TVERSKY, A. (1969): "Intransitivity of Preferences". *Psychological Review*, Vol 76, N°1, págs. 31-45.

TVERSKY, A. (1972): "Elimination by Aspects: A Theory of Choice". *Psychological Review*, 79(4), págs 281-299.

TVERSKY, A. y S. SATTAH (1979): "Preference Trees". *Psychology Review*, Vol. 86, págs. 542-573.

VITON, A. (1985): "On the Interpretation of Income Variables in Discrete-Choice Models". *Economics Letters*, Vol. 17, págs. 203-206.

WARNER, S. (1962): *Stochastic Choice of Mode in Urban Travel: A Study in Binary Choice*. Evanston, Northwestern University Press.

WILLIAMS, H. (1977): "On the Formation of Travel Demand Models and Economic Evaluation Measures of User Benefit". *Environment and Planning*, Vol.9A, N°3, págs.285-344.

WILLIAMS, H y J. ORTÚZAR (1982): "Behavioural Theories of Dispersion and the Mis-specification of Travel Demand Models". *Transportation Research*, Vol. 16B, N° 3, págs. 167-219.

WILLS, M. (1986): "A Generalised Extreme Value Model Admitting Substitution and Complementarity Between Alternatives". *Transportation Research*, Vol. 20B, N° 2, págs 113-123.

WINSTON, G. (1982): *The Timing of Economic Activities: Firms, Households and Markets in Time-Specific Analysis*. Cambridge University Press, Cambridge.

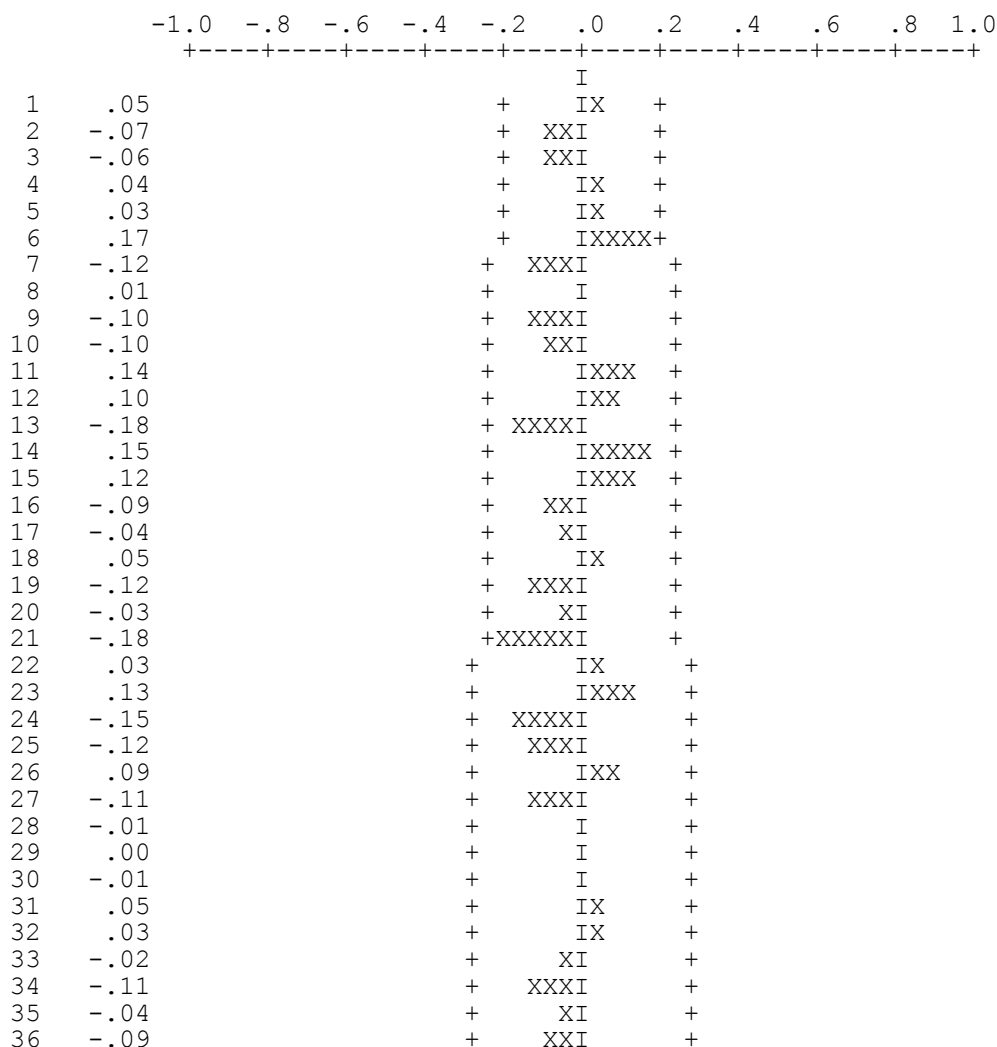
ANEXOS

ANEXO 2.1: Correlograma de los Residuos y Análisis Univariante de la Demanda en Avión, Jet foil y Ferry.

Correlograma de los residuos del modelo ARIMA de la demanda agregada.

AUTOCORRELATIONS

1- 12	.05	-.07	-.06	.04	.03	.17	-.12	.01	-.10	-.10	.14	.10
ST.E.	.11	.11	.11	.11	.11	.11	.11	.12	.12	.12	.12	.12
Q	.2	.7	1.1	1.2	1.3	3.8	5.2	5.2	6.2	7.2	9.1	10.1
13- 24	-.18	.15	.12	-.09	-.04	.05	-.12	-.03	-.18	.03	.13	-.15
ST.E.	.12	.12	.13	.13	.13	.13	.13	.13	.13	.13	.13	.13
Q	13.2	15.6	17.1	18.0	18.2	18.6	20.1	20.2	23.9	24.0	25.9	28.6
25- 36	-.12	.09	-.11	-.01	-.00	-.01	.05	.03	-.02	-.11	-.04	-.09
ST.E.	.14	.14	.14	.14	.14	.14	.14	.14	.14	.14	.14	.14
Q	30.3	31.4	33.0	33.0	33.0	33.0	33.4	33.5	33.6	35.3	35.6	36.9



Análisis Univariante de la Demanda de Pasajeros Transportados en Avión.

En cada uno de los modelos ARIMA estimados en este anexo se incluyen una serie de variables determinísticas¹, que intentan recoger el efecto del ciclo anual (similares a las que se introducen en el modelo que se presenta dentro del capítulo), así como el del ciclo semanal, para lo cual se incluye con seis variables definidas como: DL (lunes), DM (martes), DMX (miércoles), DJ (jueves), DV (viernes), DS (sábado). Los valores de cada una de estas variables son la diferencia entre el número de lunes, martes, etc. y el número de domingos en cada mes. De esta forma se recoge el efecto de la composición del mes (en términos de lunes, martes, etc.) sobre el comportamiento de la demanda, este hecho se suele denominar efecto calendario².

Asimismo la influencia de la Semana Santa, se recoge de forma similar a la señalada para el modelo de demanda agregada.

Además se incluyen otras variables determinísticas que derivan del análisis de intervención de cada una de las series estudiadas y que intentan recoger la existencia de determinados fenómenos ocurridos durante el periodo estudiado.

En el estudio de la demanda aérea, se transforma la serie en logaritmo y se aplica una diferencia de orden uno (la variable se denominó $\nabla \ln I_t$) para evitar los problemas de no estacionariedad que se observan. La estacionalidad mensual se recoge introduciendo las variables dummies mensuales que captan la estacionalidad de carácter determinístico.

El modelo que se ha estimado, siguiendo la metodología Box-Jenkins, incorpora las siguientes variables derivadas del análisis de intervención:

- La variable I_0 , de tipo escalón, que toma el valor uno desde marzo del 89 y cero con anterioridad. La necesidad de esta variable artificial era previsible con la mera observación de la serie original, ya que a partir de mediados de marzo de 1989 se produce un cambio importante en la oferta al empezar a operar en esta ruta la compañía Binter Canarias. Este cambio en la oferta

¹ Estas variables se han construido siguiendo los trabajos de Morales y otros (1990 y 1991).

² Estas variables determinísticas no se introducen para el análisis univariante de la serie del ferry, debido a que éste no opera todos los días de la semana.

repercute necesariamente en la demanda y de ahí la necesidad de introducir una variable de este tipo.

- La variable I1, de tipo impulso, toma el valor 1 para la observación 98, marzo de 1990, y cero en el resto. La inclusión de esta variable parece deberse al hecho de que en el horario de marzo de 1990 se tuvo en cuenta la ampliación de la flota de Binter con dos nuevos ATR-72 que comenzaron a operar en esta línea.

Con lo que el modelo a estimar adopta la forma siguiente:

$$\begin{aligned} \Delta lq1 = & a + w_i0\Delta I0 + w_i1\Delta I1 + w1\Delta D1 + w2\Delta D2 + w3\Delta D3 + \\ & w4\Delta D4 + w5\Delta D5 + w6\Delta D6 + w7\Delta D7 + w8\Delta D8 + w9\Delta D9 + w10\Delta D10 + \\ & w11\Delta D11 + w1\Delta DL + wm\Delta DM + wmx\Delta DMX + wj\Delta DJ + \\ & wv\Delta DV + ws\Delta DS + wss\Delta DSS + \\ & (1 - th1L - th2L^2 - th4L^4)(1 - th12L^{12}) a_t \end{aligned}$$

Donde:

$$a_t \sim iid(0, \sigma^2)$$

a = constante

w_i = parámetros del modelo

th_i = parámetros de la parte media móvil regular y estacional.

lq1 = el logaritmo de la demanda de servicios aéreos, con una diferencia de orden 1.

I_t = variables derivadas del análisis de intervención.

Los resultados de la estimación de este modelo se presentan en el siguiente cuadro A.2.1.

El ciclo semanal muestra que en los días laborables existen unos días punta: lunes, miércoles, viernes y sábados mientras que la demanda cae en los martes y jueves, siendo la variable más significativa la que refleja la caída que se produce los jueves.

Cuadro A.2.1: Estimacion del modelo univariante de demanda aérea

PARAMETRO	VARIABLE	VALOR	T
C		.0028	1.45
W1	D1	-.0523	-2.69
W2	D2	-.1392	-5.47
W3	D3	.0016	.06
W4	D4	-.0195	-.61
W5	D5	-.0029	-.10
W6	D6	-.0245	-.81
W7	D7	.1241	4.12
W8	D8	.1411	4.71
W9	D9	.1054	3.86
W10	D10	.0170	.68
W11	D11	-.0681	-3.62
WL	DL	.0126	1.74
WM	DM	-.0062	-.83
WMX	DMX	.0057	.80
WJ	DJ	-.0203	-2.72
WV	DV	.0047	.63
WS	DS	.0053	.71
WI1	I1	.1403	3.37
WI0	I0	.2510	4.51
WSS	DSS	.0597	3.91
TH1	LQ1	.1750	2.15
TH2	LQ1	.2542	3.03
TH4	LQ1	.2102	2.54
TH12	LQ1	.1820	-1.98
N=144			
$\sigma_a^2 = .002818$			
Q(36) = 33.8			

La variable artificial I0, que recoge el cambio producido como consecuencia de la introducción en esta línea de la compañía Binter Canarias, refleja un aumento de un 25% de la demanda respecto a la situación anterior, motivado por el aumento de la oferta.

Y finalmente la variable I1 refleja un crecimiento de la demanda del 12% en marzo de 1990 como consecuencia de la ampliación de la flota.

Análisis Univariante de la Demanda de Pasajeros Transportados en Jet Foil.

Al igual que en el caso anterior, para trabajar con esta serie se hace necesario aplicar logaritmo y una diferencia de orden uno ($\nabla \ln q_2$).

La caída de la demanda del mes de febrero de 1990 hizo necesario introducir una variable impulso en esta observación (denominada I4), junto con otras variables que se desprendieron del análisis de intervención tales como:

- La variable I2 de tipo escalón que toma valor cero con anterioridad a febrero de 1989 y uno a partir de ese momento.
- La variable I3, de tipo impulso, toma valor 1 en la observación 141 que corresponde a Abril de 1992 y cero en el resto.

Una vez identificada la estructura del modelo e incorporadas las variables anteriormente citadas se obtiene la siguiente especificación a estimar:

$$\Delta \ln q_2 = a + w_1 \Delta I_2 + w_2 \Delta I_3 + w_3 \Delta I_4 + w_4 \Delta D_1 + w_5 \Delta D_2 + w_6 \Delta D_3 + w_7 \Delta D_4 + w_8 \Delta D_5 + w_9 \Delta D_6 + w_{10} \Delta D_7 + w_{11} \Delta D_8 + w_{12} \Delta D_9 + w_{13} \Delta D_{10} + w_{14} \Delta D_{11} + w_{15} \Delta DL + w_{16} \Delta DM + w_{17} \Delta DMX + w_{18} \Delta DJ + w_{19} \Delta DV + w_{20} \Delta DS + w_{21} \Delta DSS + \frac{(1 - \theta_1)}{(1 - \phi_1 L^3)} a_t$$

Donde:

a= constante.

θ_i, ϕ_i = parámetros de la parte media móvil y autorregresiva respectivamente.

I_i = variables artificiales derivadas del análisis de intervención de la serie.

Los resultados de la estimación de este modelo se presentan en el cuadro A.2.2.

El ciclo semanal que se detecta en la demanda del jet foil difiere algo del que se da en el transporte aéreo. En concreto, coinciden los días punta del lunes, miércoles y sábado aunque en este caso parece que la demanda también aumenta los jueves siendo los días valle los martes y viernes, de los cuáles la más significativa es la caída de los martes.

Cuadro A.2.2: Estimacion del modelo univariante de demanda para el jet foil

PARAMETRO	VARIABLE	VALOR	T
C		.0077	1.61
W1	D1	-.1850	-7.23
W2	D2	-.2064	-6.72
W3	D3	-.0479	-1.41
W4	D4	-.0769	-1.86
W5	D5	-.0737	-1.92
W6	D6	-.0181	-.51
W7	D7	.0497	1.42
W8	D8	.0034	.10
W9	D9	.0299	.94
W10	D10	.0522	1.78
W11	D11	-.0714	-2.77
WL	DL	.0125	.86
WM	DM	-.0177	-1.19
WMX	DMX	.0055	.39
WJ	DJ	.0018	.12
WV	DV	-.0135	-.89
WS	DS	.0088	.60
WSS	DSS	.0624	2.04
WI2	I2	-.3301	-3.65
WI3	I3	-.3372	-4.27
WI4	I4	-.8058	-10.59
TH1	LQ1	.3384	4.36
PH3	LQ1	-.2244	-3.94
N=161			
$\sigma_a^2 = .007927$			
Q(36) = 23.1			

La variable de tipo escalón en febrero de 1989 en la demanda del jet-foil se justifica por la situación descrita dentro del capítulo, así como la variable de tipo impulso introducida en el mes de abril de 1992 y la variable i4 para el mes de febrero de 1990.

Análisis Univariante de la Demanda de Pasajeros Transportados en Ferry.

En el caso de la demanda de transporte en ferry, se trata la serie de forma similar a la de los dos casos anteriores y se denomina (∇lq_3).

Las variables artificiales que se introducen en el modelo a estimar son:

- La variable I5 de tipo impulso que toma el valor 1 en la observación 13 -enero de 1988- y cero en el resto.

- La variable I6 también de tipo impulso toma el valor 1 para Febrero de 1989 y cero en el resto.

Siendo la forma que adopta el modelo univariante:

$$\begin{aligned} \Delta lq_3 = & a + w_5 \Delta I_5 + w_6 \Delta I_6 + w_1 \Delta D_1 + w_2 \Delta D_2 + w_3 \Delta D_3 + \\ & w_4 \Delta D_4 + w_5 \Delta D_5 + w_6 \Delta D_6 + w_7 \Delta D_7 + w_8 \Delta D_8 + w_9 \Delta D_9 + w_{10} \Delta D_{10} + \\ & + w_{11} \Delta D_{11} + w_{ss} \Delta D_{SS} + \\ & (1 - th_{1L} L - th_3 L^3)(1 - th_{12} L^{12} - th_{24} L^{24} - th_{36} L^{36}) a_t \\ & a_t \sim iid(0, \sigma^2) \end{aligned}$$

Donde:

a = constante, th_i = parámetros de la parte media móvil, I_i = variables artificiales derivadas del análisis de intervención de la serie.

La estimación máximo verosímil de este modelo produce los resultados que se presentan en el cuadro A.2.3.

Uno de los resultados totalmente diferente al de las dos series anteriores es el de la constante con signo negativo, que pone de manifiesto como ha existido una tendencia decreciente en el comportamiento de la serie.

La variable I5 de tipo impulso que recoge el mes de enero de 1988, y la variable I6 también de tipo impulso, referida al mes de febrero de 1989, ambas con signo positivo, son de difícil justificación ya que no existe ningún fenómeno en esos periodos -relacionado con el funcionamiento de la compañía- que pueda justificar la existencia de estas variables. Además, la naturaleza de las mismas pone de manifiesto que se trata de algún hecho puntual que ocurrió en esos meses y que puede deberse a algún evento deportivo, turístico, etc que generó una afluencia de pasajeros mayor de lo normal.

Cuadro A.2.3: Estimacion del modelo univariante de demanda en ferry

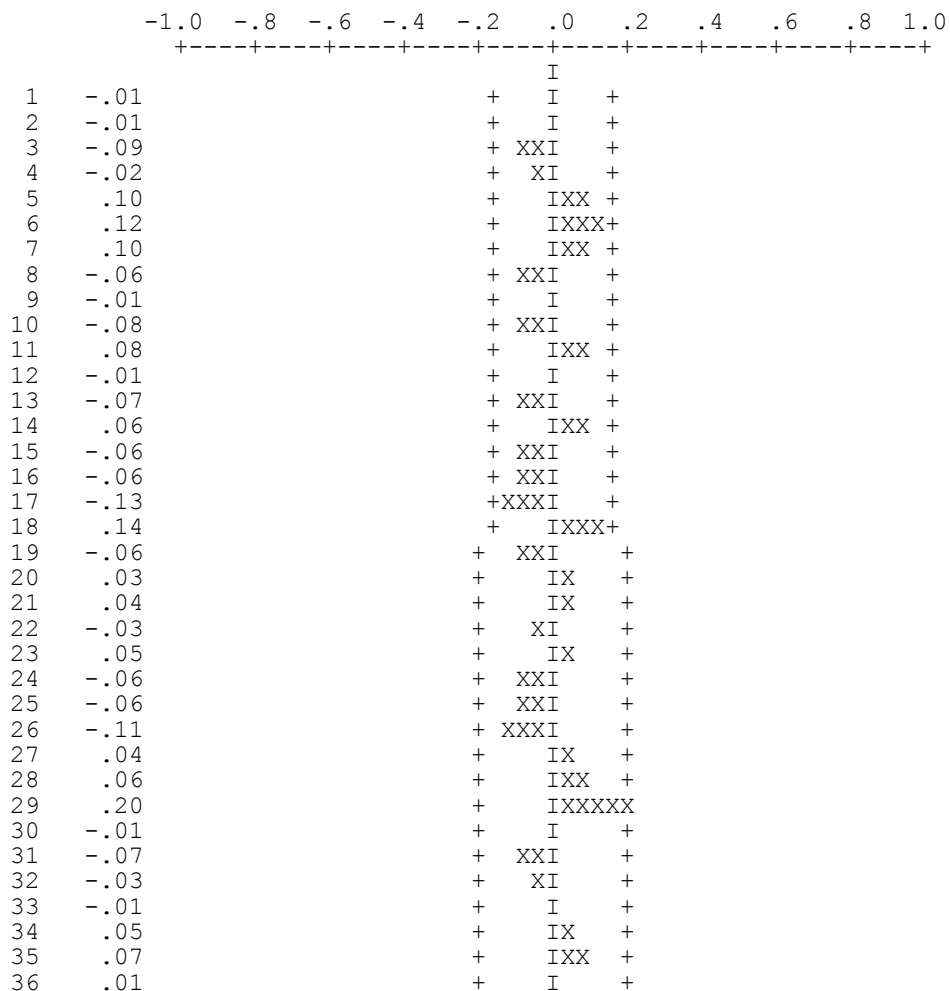
PARAMETROS	VARIABLE	VALOR	T
C		-.0078	-7.63
W1	D1	-.5730	-17.56
W2	D2	-.6028	-17.53
W3	D3	-.3981	-14.91
W4	D4	-.5739	-15.51
W5	D5	-.4896	-20.17
W6	D6	-.5776	-71.75
W7	D7	.0832	5.09
W8	D8	.1079	17.29
W9	D9	.0064	.44
W10	D10	-.3441	-43.70
W11	D11	-.2734	-29.72
WI5	I5	.5780	6.65
WSS	DSS	.5698	10.11
WI6	I6	.2378	1.62
TH1	LQ1	.6602	6.93
TH3	LQ1	.4068	4.07
TH12	LQ1	.8817	3.96
TH24	LQ1	.8524	3.04
TH36	LQ1	.6263	2.33
N=84			
$\sigma^2_a = .006488$			
Q(36) = 37.7			

Correlogramas de los residuos de los modelos univariantes estimados.

Residuos del modelo univariante de la demanda en avión.

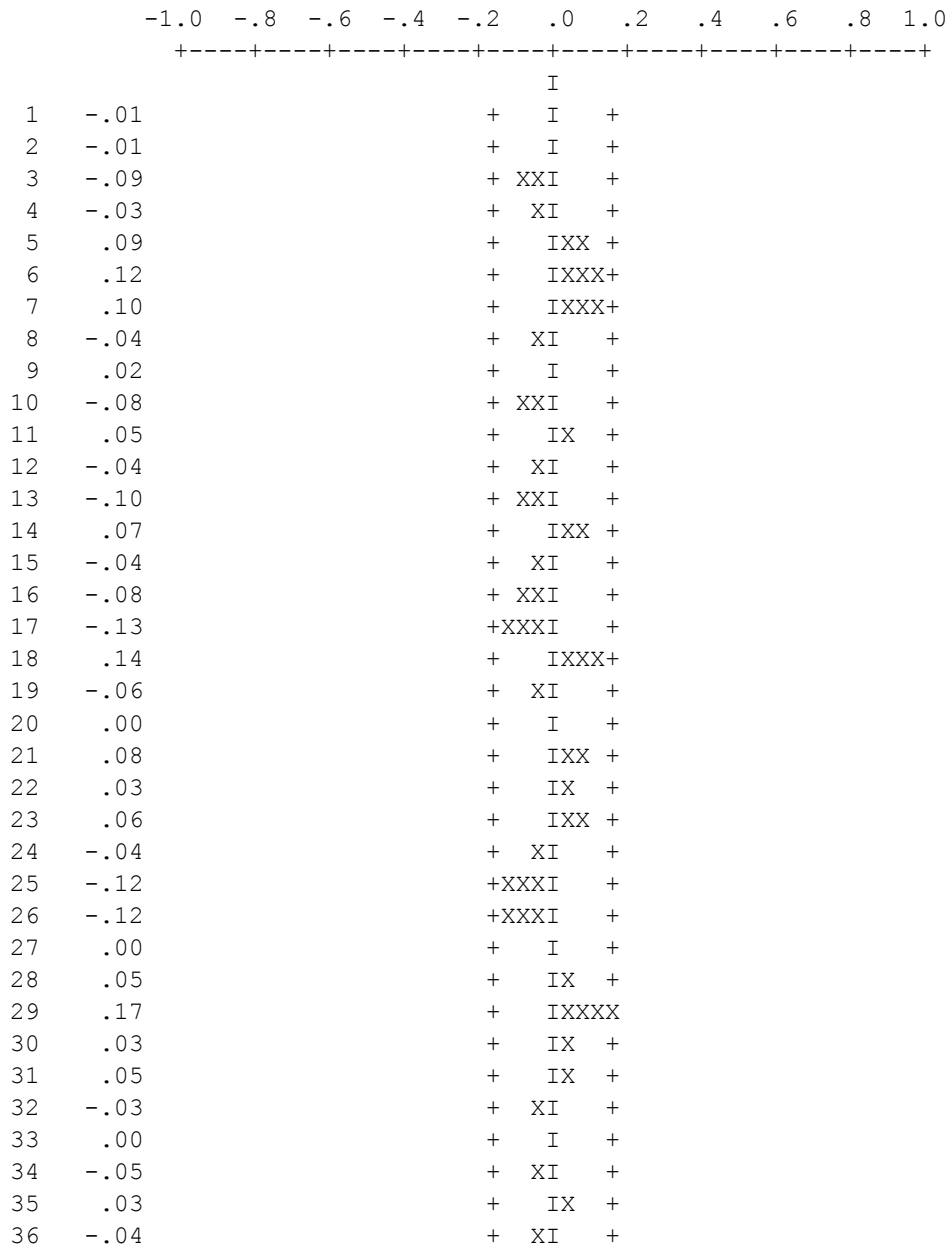
AUTOCORRELATIONS

1- 12	-.01	-.01	-.09	-.02	.10	.12	.10	-.06	-.01	-.08	.08	-.01
ST.E.	.08	.08	.08	.08	.08	.09	.09	.09	.09	.09	.09	.09
Q	.0	.1	1.3	1.4	2.8	5.0	6.4	7.0	7.0	8.1	9.0	9.0
13- 24	-.07	.06	-.06	-.06	-.13	.14	-.06	.03	.04	-.03	.05	-.06
ST.E.	.09	.09	.09	.09	.09	.09	.09	.09	.09	.09	.09	.09
Q	9.7	10.4	11.0	11.7	14.6	17.8	18.5	18.6	18.9	19.0	19.3	20.0
25- 36	-.06	-.11	.04	.06	.20	-.01	-.07	-.03	-.01	.05	.07	.01
ST.E.	.09	.09	.09	.09	.10	.10	.10	.10	.10	.10	.10	.10
Q	20.7	22.9	23.1	23.8	31.3	31.3	32.1	32.3	32.3	32.7	33.8	33.8



PARTIAL AUTOCORRELATIONS

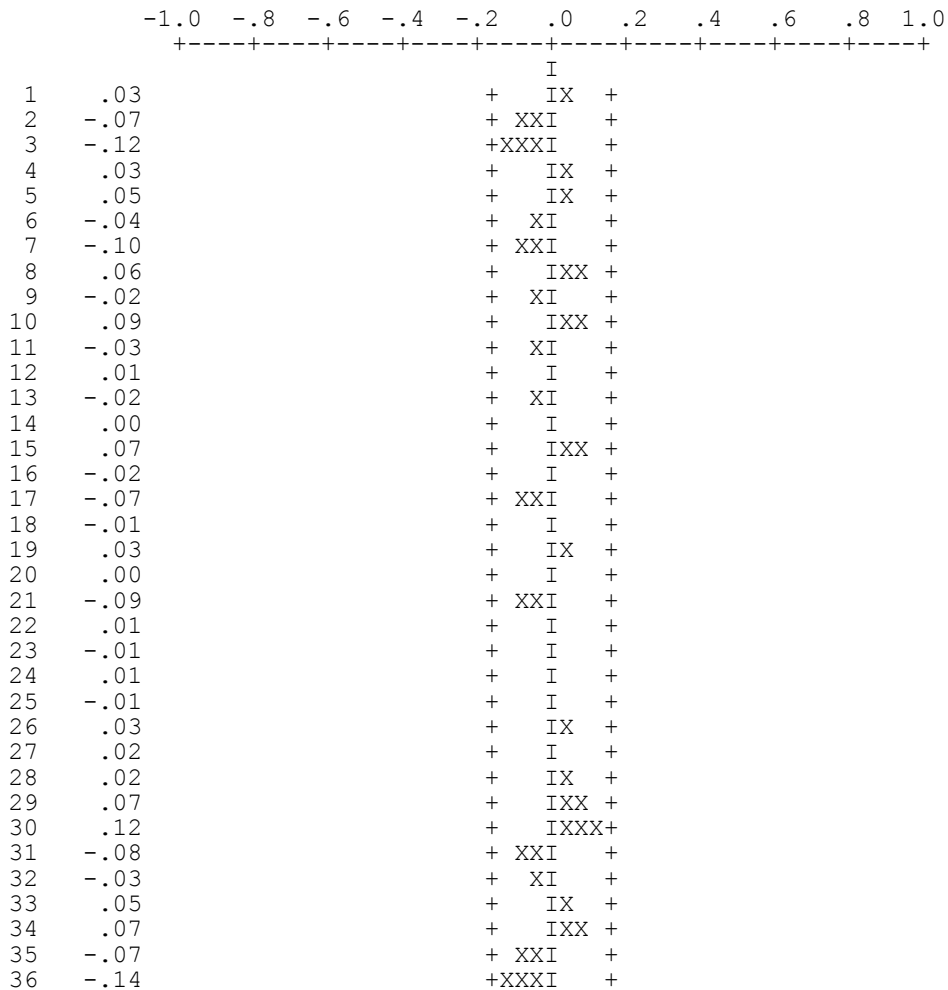
1- 12	-.01	-.01	-.09	-.03	.09	.12	.10	-.04	.02	-.08	.05	-.04
ST.E.	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08
13- 24	-.10	.07	-.04	-.08	-.13	.14	-.06	.00	.08	.03	.06	-.04
ST.E.	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08
25- 36	-.12	-.12	.00	.05	.17	.03	.05	-.03	-.00	-.05	.03	-.04
ST.E.	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08



Residuos del modelo univariante de la demanda del jet foil.

AUTOCORRELATIONS

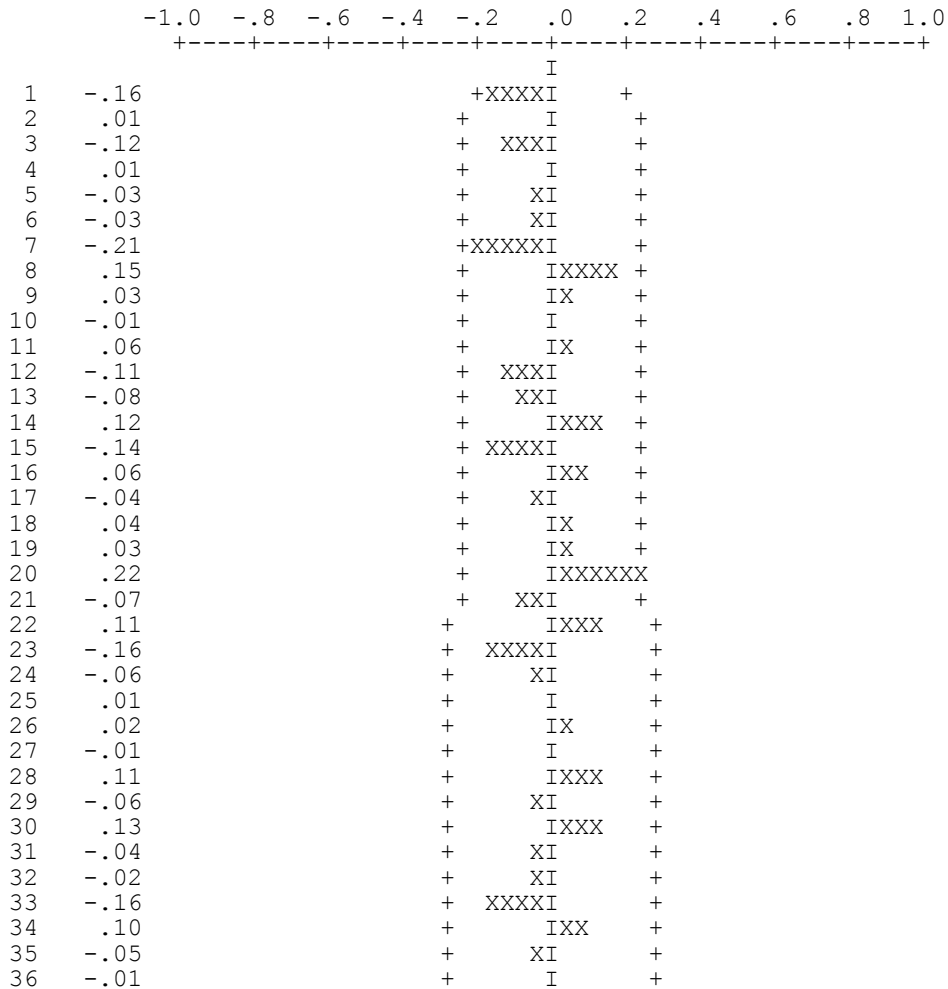
1- 12	.03	-.07	-.12	.03	.05	-.04	-.10	.06	-.02	.09	-.03	.01
ST.E.	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08
Q	.2	.9	3.1	3.2	3.6	3.9	5.6	6.2	6.3	7.6	7.7	7.8
13- 24	-.02	.00	.07	-.02	-.07	-.01	.03	.00	-.09	.01	-.01	.01
ST.E.	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08
Q	7.9	7.9	8.8	8.8	9.6	9.7	9.8	9.8	11.3	11.3	11.3	11.3
25- 36	-.01	.03	.02	.02	.07	.12	-.08	-.03	.05	.07	-.07	-.14
ST.E.	.08	.08	.09	.09	.09	.09	.09	.09	.09	.09	.09	.09
Q	11.3	11.5	11.6	11.7	12.6	15.2	16.6	16.7	17.3	18.2	19.1	23.1



Residuos del modelo univariante de demanda del ferry.

AUTOCORRELATIONS

1- 12	-.16	.01	-.12	.01	-.03	-.03	-.21	.15	.03	-.01	.06	-.11
ST.E.	.11	.11	.11	.11	.11	.11	.11	.12	.12	.12	.12	.12
Q	2.3	2.3	3.6	3.6	3.6	3.7	8.0	10.2	10.2	10.2	10.5	11.7
13- 24	-.08	.12	-.14	.06	-.04	.04	.03	.22	-.07	.11	-.16	-.06
ST.E.	.12	.12	.13	.13	.13	.13	.13	.13	.13	.13	.13	.14
Q	12.4	14.0	16.1	16.5	16.7	16.8	17.0	22.5	23.1	24.5	27.5	27.9
25- 36	.01	.02	-.01	.11	-.06	.13	-.04	-.02	-.16	.10	-.05	-.01
ST.E.	.14	.14	.14	.14	.14	.14	.14	.14	.14	.14	.14	.14
Q	27.9	28.0	28.0	29.7	30.1	32.3	32.5	32.6	36.0	37.4	37.7	37.7



ANEXO 2.2: Preguntas Planteadas a los Viajeros y Agrupamiento de las Respuestas

1) Día y hora a la que se realiza el viaje.

2) ¿Por qué ha elegido viajar en el medio en cuestión?. Máximo dos causas. Las posibles respuestas a esta cuestión en cada uno de los distintos medios disponibles fueron agrupadas de la siguiente forma:

Para el avión:

- Rapidez.
- Comodidad.
- Cercanía al origen/destino.
- Decisión de la empresa (obligación).
- Ajuste de horario a las necesidades.
- Económico.
- No hay billete en el otro modo (Jet Foil o Ferry).
- Se marea en el otro modo/no le gusta.
- Buen servicio.
- Otros.

Para el Jet Foil:

- Rapidez.
- Comodidad.
- Cercanía al origen/destino.
- Decisión de la empresa (obligación).
- Ajuste de horarios a las necesidades.
- No hay billete en el otro modo (avión).
- Le gusta el Jet Foil o el mar.
- No le gusta el avión, miedo al avión, más seguro el Jet Foil ...
- Viaje organizado (Excursión/Vacaciones/Colegios...)
- Otros.

Para el Ferry:

- Lleva coche.
- Barato.
- Lleva mucho equipaje/animales/mercancías...
- No tiene prisa.
- Decide la empresa.
- Le gusta/Tranquilo.
- Cómodo.
- Miedo al avión.
- Otros.

3) ¿Dónde vive habitualmente?

- Gran Canaria.
- Tenerife.

- Otras Islas Canarias.
- Resto de España.
- Resto CEE.
- Otros lugares.

4) ¿Con qué frecuencia realiza este viaje?

- Diariamente.
- Más de una vez a la semana.
- Una vez a la semana.
- Una vez al mes.
- Una vez al año.
- Solo hoy o nunca.

5) ¿En qué lugar comenzó el viaje?

- Gran Canaria.
- Tenerife.
- Otras Islas Canarias.
- Resto de España.
- Resto de la CEE.
- Otros lugares.

Si la respuesta era cualquiera de las dos primeras alternativas el individuo debía especificar el municipio.

6) ¿A qué lugar se dirige?

Las posibles respuestas a esta pregunta se agrupan de forma similar a las dadas en la anterior cuestión.

7) ¿Por qué motivo está realizando este viaje?

- Trabajo/Negocios.
- Vacaciones o turismo.
- Estudios.
- Otros.

8) Para este mismo viaje ¿Utiliza el Ferry o el Jet Foil? ¿Cuál o cuáles? y ¿Por qué?.

- No utiliza.
- Ferry.
- Jet Foil.

9) ¿Cuánto le costó el viaje? ¿Tiene su billete alguna reducción o bonificación? ¿De qué tipo?

El tipo de bonificación se ha agrupado en cada uno de los distintos medios de transporte de la siguiente forma:

En el avión:

- 1- Por residencia.
- 2- Grupos
- 3- Funcionarios/personal de la empresa.
- 4- Otros.

En el Jet Foil:

- 1- Residencia.
- 2- Carnet Joven.
- 3- Familia Numerosa (F.N.).
- 4- Cartilla militar.
- 5- Bono/tarjeta trasmediterranea
- 6- Funcionarios/personal de la empresa...
- 7- Grupos.
- 8- Residencia y carnet joven.
- 9- Residencia, carnet joven y cartilla militar.
- 10- carnet joven y cartilla militar.
- 11- Residencia y cartilla militar.
- 12- Carnet joven y F.N.
- 13- Residencia y F.N.
- 14- Residencia y Bono Trasmediterranea.
- 15- Carnet joven y Bono Trasmediterranea.
- 16- Residencia, carnet joven y F.N.
- 17- Residencia, F.N. y cartilla militar.
- 18- Residencia y grupos.
- 19- Carnet joven y grupos.
- 20- Otros.

En el Ferry:

- 1- Residencia.
- 2- Carnet joven.
- 3- F.N.
- 4- Cartilla militar.
- 5- Jubilado.
- 6- Viaje con coche.
- 7- Ida y vuelta.
- 8- Residencia y carnet joven.
- 9- Residencia y jubilado.
- 10- Carnet joven y cartilla militar.
- 11- Viaje con coche e ida y vuelta.
- 12- Residencia y F.N.
- 13- Residencia e ida y vuelta.
- 14- Otros.

10) ¿Cuánto tardó y cuánto le costó llegar a la terminal?

La respuesta a esta cuestión fue expresada en minutos y pesetas respectivamente.

11) ¿Cuánto es el ingreso mensual de su familia?

1. Menos de 75.000 pts
2. Entre 75.000 y 150.000 ptas
3. Entre 150.000 y 250.000 ptas
4. Entre 250.000 y 400.000 ptas
5. Más de 400.000
6. No sabe o No contesta.

ANEXO 2.3: Reparto Modal.**Cuadro A.2.4: Evolución del Reparto Modal. 1973-86.**

AÑOS	AVIÓN (%)	JET FOIL (%)	FERRY (%)
1973	75,67	----	24,33
1974	77,94	----	22,06
1975	77,20	----	22,80
1976	64,85	----	35,15
1977	54,27	----	45,73
1978	58,01	----	41,99
1979	52,86	----	47,14
1980	47,94	----	52,06
1981	43,99	32,87	23,14
1982	38,80	39,94	21,26
1983	38,07	44,42	17,51
1984	37,85	46,10	16,05
1985	37,58	48,97	13,45
1986	37,93	48,33	13,74

ANEXO 3.1: Evaluación de los Modelos de Elección Múltiple.

En este anexo se presentan cuáles son las principales medidas que se utilizan, en los modelos de elección discreta, para evaluar los resultados obtenidos de la estimación y que pueden responder a cualquiera de los modelos señalados en el capítulo tres.

Los estimadores máximo-verosímiles de los parámetros siguen una distribución normal asintótica, por lo que el estadístico t de significación individual de los parámetros se aproxima por una Normal siendo su aplicación válida. Además, existe un test más informal que consiste en examinar si el signo del coeficiente estimado es acorde con los conocimientos que se tienen a priori o con lo que dice la teoría. De esta manera, resulta interesante observar como el eliminar una determinada variable que tiene el signo correcto depende principalmente de la importancia de la misma. Así tal y como señalan Ortúzar y Willumsen (1994) el conjunto de variables explicativas podría agruparse en determinadas clases que resultan útiles para establecer la importancia de las mismas:

- variables de política o relevantes, que tienen tanto un apoyo teórico como una gran importancia para las predicciones que se deriven del modelo.
- otras variables explicativas, que no son cruciales para evaluaciones políticas o porque no tienen un apoyo teórico que justifique su inclusión en el modelo.

Dependiendo de esta clasificación estos autores proponen una serie de pautas para la inclusión o no de las variables explicativas. Se trata fundamentalmente de incluir las variables relevantes cuando sean tanto significativas como no significativas, así como excluir aquellas que tengan signo incorrecto y no sean relevantes. Asimismo, comentan como existen problemas cuando aparecen variables relevantes con signo incorrecto y a la vez que significativa, ya que en este caso intentar fijar su valor con signo adecuado puede llevar a cambiar fuertemente el resto del modelo, por lo que recomiendan que cuando no sea posible eliminarla debe volverse a revisar los datos e incluso recolectar más información.

Otro aspecto importante en la evaluación de estos modelos es la interpretación de los coeficientes y el efecto de cambios en las variables explicativas sobre las probabilidades de elección.

En los modelos logit y probit multinomiales los coeficientes estimados reflejan el efecto de un cambio unitario en una variable explicativa sobre las transformaciones normal y logística de las

probabilidades consideradas. De esta manera el efecto de las variables explicativas en la probabilidad de elegir una determinada alternativa depende tanto de los coeficientes estimados como de los valores que toman las variables. No obstante, lo importante en estos modelos es la magnitud relativa entre los coeficientes más que el valor numérico de cada uno.

Para comparar modelos que tengan distintas especificaciones, se examina, tal y como se ha señalado, el signo de los parámetros, el valor relativo de ellos y si son significativos a nivel individual. Sin embargo, se deben comparar también las medidas de bondad de ajuste y otros test estadísticos.

Para contrastar la significación total o capacidad explicativa del modelo, se utilizan el criterio de la razón de verosimilitud y el pseudo- R^2 en lugar del test de la F. El test de la CHI-cuadrado de la razón de verosimilitud, en el que la hipótesis nula es que todos los coeficientes sean iguales a cero, contrasta la hipótesis de que todas las alternativas son igualmente probables. Este test no es muy riguroso, en el sentido de que es difícil plantear un modelo que no lo supere, ya que cualquier parámetro va a aportar algo en la explicación de la variabilidad de los datos.

Las medidas estadísticas que se suelen utilizar en la estimación de modelos logit simple se relacionan a continuación (Ortúzar, 1982):

- $L(C)$: logaritmo de la verosimilitud de un modelo que sólo tiene constantes modales específicas.

- $L(\theta)$: logaritmo de la función de verosimilitud para el conjunto de parámetros que la maximiza.

- $LR(C)$: razón de verosimilitud del modelo con respecto al modelo de sólo constantes. Corresponde a $-2 \cdot \{l(C) - l(\theta)\}$ y su valor se distribuye como una χ^2 con grados de libertad igual al número de coeficientes que hay en el modelo -excluyendo las constantes específicas-. Si $LR(C) > \chi^2$ al 95% de confianza y con k grados de libertad, se rechaza la hipótesis nula de que el modelo de sólo constantes es equivalente al modelo estimado, lo que permite concluir que el conjunto de variables explicativas independientes aportan explicación significativa respecto al modelo de solo constantes.

El test de razón de verosimilitud se suele utilizar para hipótesis lineales de un caso más general, este supuesto consiste en plantear un modelo general donde las variables entran como específicas de cada alternativa y contrastarlo con un modelo más restringido donde se estime un único parámetro para cada una de las variables explicativas que entran en las distintas alternativas.

Generalmente este test se suele aplicar para contrastar la hipótesis de que determinadas variables se perciben de forma diferente entre los usuarios de las distintas alternativas. Veamos un ejemplo para ver como se aplica dicho test.

Ejemplo: Consideremos tres alternativas (avión (A), jet-foil (J) y ferry (F)) y consideremos dos variables explicativas (coste (C) y tiempo (T)). Siendo las funciones de utilidad especificadas

$$\begin{aligned} V_A &= \theta_1 C_A + \theta_2 T_A + \theta_3 \\ V_J &= \theta_4 C_J + \theta_5 T_J + \theta_6 \\ V_F &= \theta_7 C_F + \theta_8 T_F \end{aligned}$$

Para probar si el coste se percibe igual -es decir, se trata de una variable genérica- hay que plantear las siguientes restricciones

$$\begin{aligned} \theta_1 - \theta_4 &= 0 \\ \theta_1 - \theta_7 &= 0 \end{aligned}$$

Se estima el modelo para el caso más general y para el caso restringido y se calcula la razón de verosimilitud del modelo general respecto al restringido, $LR = -2 \{l(\theta_r) - l(\theta)\}$. De forma que si $LR > \chi^2_{r,95\%}$ se rechaza la hipótesis nula de que el modelo general es igual al restringido (en este caso el número de restricciones (r) es dos).

$-(\rho)^2$: índice rho cuadrado: $1 - L(\theta)/L(C)$. Este índice permite realizar comparaciones entre modelos, y tiene una interpretación intuitiva sólo en sus límites: 0, no hay ajuste y 1, ajuste perfecto; de hecho valores entre 0,2 y 0,4 pueden significar un excelente ajuste. Este mismo índice también se puede definir respecto a $l(0)$, modelo en el que todos los parámetros son cero; sin embargo, la comparación respecto al modelo equiprobable ($\theta=0$) no es en general apropiada y resulta más interesante la comparación respecto al modelo de sólo constantes.

El $L(\theta)$, anteriormente definido, es una medida natural de ajuste, y puede ser usada intuitivamente para comparar entre diferentes modelos estimados para la misma base de datos, incluso no siendo anidados, y también para comparar entre el mismo modelo ajustado para diferentes bases de datos. Se observa tal y como se señala en Cramer (1991) que este valor varía en proporción al tamaño del ejemplo y además incrementa con el número de parámetros ajustados.

Para tener en cuenta estos problemas se utiliza el criterio de Akaike (AIC) definido como:

$$AIC = -2/n(\log L(\hat{\theta}) - k)$$

Donde k es el número de parámetros.

Este criterio ha sido desarrollado para comparar la especificación de diferentes modelos con diferentes datos. De forma que el menor valor de AIC supone el mejor ajuste³.

Finalmente señalar que cuando se quiere realizar comparaciones entre pares de coeficientes, con objeto de evaluar la diferencia relativa entre los parámetros de un modelo y los de esa misma especificación estimada con otro segmento de mercado, se utiliza el siguiente estadístico:

$$t = \frac{(\theta_i - \theta_j)}{\sqrt{\left(\frac{\theta_i}{t_i}\right)^2 + \left(\frac{\theta_j}{t_j}\right)^2}}$$

donde θ_i es el coeficiente del modelo original con estadístico $t=t_i$; y θ_j corresponde al coeficiente obtenido al estimar la especificación del modelo original en un nuevo contexto (su estadístico t es t_j). La forma de aceptar o rechazar la hipótesis nula que establece la igualdad de los coeficientes, es totalmente análoga a la del caso del estadístico t.

³ Para ver un desarrollo de este criterio propuesto por Akaike (1973), véase Cramer (1991).

ANEXO 4.1: Otras Estimaciones.

En este anexo se presentan algunas de las estimaciones realizadas a lo largo del desarrollo de este estudio y que incorporan las variables explicativas de forma alternativa a la que se considera dentro del capítulo 4.

La razón por la que se ha mantenido estos modelos es que se trata de especificaciones útiles para hacer los contrastes necesarios acerca de si el modelo debe o no considerar parámetros específicos, dado que los test utilizados comparan las funciones de verosimilitud de los modelos restringidos y los generales.

A continuación se muestran algunas especificaciones donde se incorporan variables de distinta naturaleza, tales como las distancias, así como las referidas a los otros componentes del coste diferentes al del precio del billete.

Los primeros resultados que se presentan corresponden a la especificación más sencilla que se puede utilizar y sirve para contrastar la existencia o no de una ponderación distinta del tiempo según el modo de transporte elegido; por tanto permiten comparar estos modelos con los que se presentan dentro del capítulo (Mod(1) y Mod(2)).

Los modelos A.1 y A.2 (Mod(A.1) y Mod(A.2)) suponen que existe una ponderación media del tiempo total del viaje común entre las alternativas. Sin embargo, el desarrollo realizado en el capítulo permite derivar que el comportamiento válido en este mercado es aquel que considera una percepción distinta del tiempo según el modo de transporte elegido y que se plantea en los modelos propuestos dentro del capítulo.

Otro tratamiento que se lleva a cabo es el de considerar los distintos componentes del tiempo total de viaje (véase cuadro A.4.2). En este caso se trata de averiguar si se debe mantener la existencia de coeficientes diferentes para cada uno de estos tiempos: tiempo de acceso (TACC), tiempo en vehículo (TVEH) y tiempo hasta el destino (TDES).

Cuadro A.4.1 Modelos Logit Simple y Jerárquicos con variables de carácter agregado y genéricas.

VARIABLES	Mod(A.1)	Mod(A.2)
TGEN	-0,0676 (-18,0)	-0,0671 (-17,7)
CAP.REL	0,3942 (0,6)	0,473 (0,7)
PRECIO	-0,0028 (-11,3)	-0,0029 (-10,5)
EMU	-----	0,89 (8,4)
CTE.JET	2,135 (4,9)	2,227 (4,9)
CTE.FERRY	5,841 (8,5)	7,625 (4,1)
Log-L(c)	-1.594,67	-1.591,78
Log-L(θ)	-941,24	-940,68
$\rho^2(0)$	0,411	0,412
$\rho^2(c)$	0,409	0,409
$\chi^2(k-c, 95\%)$	7,815	9,488
LR(c)	1.332,82	1.333,94
AIC	0,898	0,899
N	2.106	2.106

Los resultados obtenidos, que se muestran en el cuadro A.4.2, permiten concluir que los pasajeros ponderan de forma distinta cada uno de los componentes del tiempo y que además esas diferencias son estadísticamente significativas; así comparando los parámetros del modelo (A.4), resulta un $t=-3,95$ cuando se enfrenta el tiempo de acceso con el tiempo de destino y un $t=-2,46$ al comparar el tiempo en vehículo con el tiempo de acceso. Además se observa que el tiempo en vehículo es el que le reporta menos desutilidad al individuo.

El siguiente planteamiento que se realiza consiste en introducir la renta como específica del ferry, tratamiento que se realiza para las especificaciones que se proponen dentro del capítulo y que producen los resultados que se presentan en los cuadros A.4.3 y A.4.4.

Cuadro A.4.2. Modelos Logit Simple y Jerárquico con el tiempo a nivel desagregado.

Variables	Mod (A.3)	Mod (A.4)
TACC	-0,0761 (-17,0)	-0,0756 (-16,8)
TDES	-0,0437 (-6,1)	-0,0419 (-5,8)
TVEH	-0,0356 (-2,2)	-0,0341 (-2,1)
CAP.REL	0,3413 (0,5)	0,47 (0,7)
PRECIO	-0,0028 (-11,3)	-0,003 (-10,4)
EMU	-----	0,84 (7,4)
CTE.JET	2,646 (2,9)	2,722 (2,9)
CTE.FERRY	1,20 (0,4)	3,085 (0,8)
Log-L(c)	-1.594,67	-1.591,78
Log-L(θ)	-932,72	-931,72
$\rho^2(0)$	0,417	0,417
$\rho^2(c)$	0,415	0,414
$\chi^2(k-c, 95\%)$	11,07	12,592
LR(c)	1.349,86	1.351,86
AIC	0,892	0,892
N	2.106	2.106

La introducción de la renta de esta forma parece indicar que el ingreso incide negativamente en la elección del ferry, observándose que los viajeros con mayores niveles de renta son los que menos prefieren viajar en este medio. Esta información se extrae del signo negativo del coeficiente de la variable ingreso específica del ferry.

Sin embargo, hay que tener cuidado con la interpretación de esta variable ya que no se puede interpretar como la renta en sí, sino que se supone -tal y como establece la teoría- que es una variable que está correlaciona con otros gustos del individuo que hacen que en este caso los viajeros con mayores niveles de ingresos tengan menos predilección por viajar en ferry.

Cuadro A.4.3. Modelos Logit Simple y Jerárquico con variables del tiempo generalizado específicas de cada alternativa y la variable renta específica del ferry.

Variables	Mod(A.5)	Mod(A.6)
TGEN.AV	-0,0676 (-16,5)	-0,0733 (-16,1)
TGEN.JF	-0,0691 (-13,8)	-0,0773 (-13,5)
TGEN.FER	-0,0504 (-6,9)	-0,0109 (-2,0)
CAP.REL	0,514 (0,7)	0,8824 (1,1)
PRECIO	-0,0025 (-10,2)	-0,0032 (-10,4)
ING.FERRY	-0,13 (-5,8)	-0,125 (-6,1)
EMU	-----	0,125 (1,4)
CTE.JET	2,0 (3,2)	2,71 (3,9)
CTE.FERRY	4,238 (2,2)	9,528 (5,6)
Log-L(c)	-1.363,32	-1.360,09
Log-L(θ)	-793,90	-766,95
$\rho^2(0)$	0,419	0,439
$\rho^2(c)$	0,417	0,436
$\chi^2(k-c, 95\%)$	12,592	14,067
LR(C)	1.168,12	1.221,02
AIC	0,761	0,865
N	1.794	1.794

En esta parte del estudio resulta interesante comparar estas especificaciones con aquellas que se presentan dentro del capítulo y que consideran las mismas especificaciones pero no incluyen la renta como específica del ferry. Para realizar estas comparaciones se aplica el criterio de Akaike⁴, debido a que se trata de modelos con distinto número de observaciones a la vez que incorporan distintos número de coeficientes.

⁴ Un desarrollo de este criterio se presenta en el Anexo del capítulo 3 a partir del planteamiento presentado en Cramer (1991).

Cuadro A.4.4. Modelos Logit Simple y Jerárquico con variables de tiempo a nivel desagregado específicas de cada alternativa y renta específica del ferry.

VARIABLES	Mod(A.7)	Mod(A.8)
TACC.AV	-0,0771 (-16,1)	-0,0840 (-15,2)
TACC.JF	-0,0612 (-7,0)	-0,0791 (-6,9)
TACC.FE	-0,0117 (-0,8)	-0,0214 (-2,0)
TDES.AV	-0,0299 (-3,3)	-0,0275 (-2,9)
TDES.JF	-0,0508 (-6,4)	-0,049 (-5,8)
TDES.FE	-0,0610 (-4,3)	-0,0161 (-1,3)
TVEH	-0,0258 (-1,6)	-0,0363 (-0,6)
CAP.REL	0,3991 (0,7)	0,6743 (1,1)
PRECIO	0,0025 (-9,8)	-0,0032 (-10,2)
ING.FERRY	-0,1299 (-5,6)	-0,1214 (-5,7)
EMU	-----	0,88 (1,0)
CTE.JET	1,875 (1,9)	2,948 (1,1)
CTE.FERRY	1,763 (0,5)	16,11 (1,2)
Log _e L(c)	-1.363,32	-1.360,09
Log _e L(θ)	-771,86	-745,27
ρ ² (0)	0,435	0,454
ρ ² (c)	0,433	0,452
χ ² (k-c,95%)	16,919	18,307
LR(c)	1.211,2	1.264,38
AIC	0,873	0,845
N	1.794	1.794

Al aplicar este criterio al modelo 2 (Mod(2)), que se presenta en el cuadro 4.1 dentro del capítulo

4, frente al modelo A.5 (Mod(A.5))⁵ se observa que el menor valor del AIC es para aquel que incorpora la renta como específica del ferry, ocurriendo lo contrario cuando se comparan el modelo 4 (Mod(4)) (véase cuadro 4.2 en el capítulo 4) con el Mod (A.7), donde resulta ser mejor la especificación que no introduce la variable renta. Por tanto, parece que la introducción de esta variable produce mejores resultados en algunas especificaciones y en otras no. De ahí que, aunque la introducción de la renta como específica del ferry produce estimaciones aparentemente válidas -variable con signo correcto y significativas-, los comentarios anteriores junto con la difícil interpretación de esta variable aconsejan tener cuidado con este tipo de estimaciones.

Dado que existe una importante polémica a nivel teórico acerca de la introducción de la renta y la forma en que debe hacerse, se ha optado por considerar otro tratamiento alternativo al anterior y que considera que individuos con distintos niveles de renta ponderan de forma diferente al precio, planteando una especificación donde sus parámetros son específicos de cada una de las submuestras de renta consideradas. Los resultados de estas estimaciones se presentan en el cuadro A.4.5 con los modelos (A.9) y (A.10), donde no se observa diferencias significativas del coeficiente del precio estimado para cada una de las submuestras.

Finalmente, se propone un modelo donde se considera que tanto el tiempo como el precio cambian con el nivel de renta; en este caso los parámetros del precio y tiempo son específicos de las submuestras de renta, donde Y1 se refiere a rentas inferiores a 150.000 ptas/mes, Y2 rentas comprendidas entre 150.000 y 400.000 ptas/mes, e Y3 rentas superiores a 400.000 ptas/mes. Los resultados obtenidos para esta especificación se presentan en el cuadro A.4.6.

Los resultados presentados en el cuadro A.4.6 muestran que los individuos con mayores niveles de renta son los que ponderan en mayor medida el tiempo, observando como el coeficiente del tiempo crece en valor absoluto a medida que aumenta el nivel de renta. Además de nuevo no se observan diferencias significativas entre los parámetros del precio estimados, lo que llevaría a pensar en la existencia de un único coeficiente para el precio común a toda la población, en contradicción con lo que establece la teoría.

⁵ Esta estimación coincide con la del modelo 1 a excepción de que introduce una nueva variable (ing.ferry); en este caso la estructura elegida es la del logit simple y de ahí que sea el modelo (A.5) el que se utilice para hacer la comparación.

Cuadro A.4.5. Modelo Logit Simple para un modelo con el precio específico para cada submuestra de renta.

VARIABLES	Mod(A.9)	Mod (A.10)
TGEN	0,0663 (-16,7)	-0,0663 (-16,7)
PRECIO.Y1	-0,00297 (-11,2)	-0,0029 (-10,5)
PRECIO.Y2	-0,00255 (-9,8)	-0,0025 (-8,9)
PRECIO.Y3	-0,00257 (-8,9)	-0,0025 (-8,2)
EMU	-----	0,98 (10,9)
CAP.REL	0,2608 (0,4)	0,2651 (0,4)
CTE.JET	2,056 (4,4)	2,081 (4,3)
CTE.FERRY	5,948 (8,3)	6,234 (3,9)
Log-L(c)	-1.363,32	-1.360,09
Log-L(θ)	-816,61	-816,58
$\rho^2(0)$	0,402	0,402
$\rho^2(c)$	0,401	0,399
$\chi^2(k-c, 95\%)$	11,07	12,592
LR(c)	1.121,7	1.121,7
AIC	0,918	0,919
N	1.794	1.794

Con objeto de seguir profundizando en la estimación de un efecto ingreso, se plantea un modelo segmentado según el nivel de renta donde se deja que varíen todos los coeficientes de las variables entre estratos. Este planteamiento, que se presenta en el cuadro A.7 permite detectar de nuevo un comportamiento contradictorio y corrobora la superioridad de la técnica propuesta por Jara-Díaz y Videla (1989).

Por otro lado, existen algunas variables que son relevantes en este estudio, tales como las distancias recorridas, y que no se pueden introducir con el tiempo de viaje debido a que se producen importantes problemas de correlación. Sin embargo, se sabe que estas variables

Cuadro A.4.6. Modelos Logit Simple y Jerárquico con parámetros específicos de las distintas submuestras de renta consideradas.

Variables	Mod(A.11)	Mod (A.12)
TGEN.Y1	-0,0572 (-13,1)	-0,0583 (-13,6)
TGEN.Y2	-0,0741 (-17,0)	-0,0728 (-16,4)
TGEN.Y3	-0,0781 (-11,8)	-0,0766 (-12,5)
PRECIO.Y1	-0,0025 (-9,3)	-0,0027 (-8,6)
PRECIO.Y2	-0,0027 (-10,2)	-0,0028 (-9,5)
PRECIO.Y3	-0,0028 (-9,1)	-0,0029 (-8,7)
CAP.REL	0,6336 (0,9)	0,7150 (1,0)
EMU	-----	0,8 (6,6)
CTE.JET	1,864 (3,9)	1,993 (3,9)
CTE.FERRY	6,082 (8,3)	8,624 (3,8)
Log-L(c)	-1.363,32	-1.360,09
Log-L(θ)	-785,50	-784,74
$\rho^2(0)$	0,425	0,426
$\rho^2(c)$	0,423	0,423
$\chi^2(k-c,95\%)$	14,067	15,507
LR(c)	1.183,92	1.185,44
AIC	0,88	0,885
N	1.794	1.794

entran a formar parte en el proceso de elección del medio de transporte. Así, el que la estación marítima o el aeropuerto esté más cerca o más lejos del lugar de origen del individuo, puede ser una variable que influye en la elección de un modo u otro. De ahí que se decida introducir unas especificaciones alternativas a las que se presentan dentro del capítulo 4, que incorporan como variables explicativas las distancias recorridas por los individuos.

Cuadro A.4.7: Modelos segmentados según el nivel de renta.

VARIABLES	Mod (Y1)	Mod (Y2)	Mod (Y3)
TGEN	-0,0568 (-5,8)	-0,0702 (-12,8)	-0,0784 (-5,9)
PRECIO	-0,0020 (-3,9)	-0,0056 (-8,9)	-0,0025 (-3,4)
CAP.REL	0,946 (0,5)	-1,048 (-1,0)	1,657 (0,8)
CTE.JET	0,771 (0,7)	6,255 (6,9)	1,041 (0,7)
CTE.FER	5,797 (3,3)	2,688 (2,3)	6,307 (2,6)
Log-L(c)	-185,28	-782,77	-177,08
Log-L(θ)	-111,95	-424,93	-103,73
$\rho^2(0)$	0,397	0,469	0,446
$\rho^2(c)$	0,395	0,457	0,414
$\chi^2(k-c,95\%)$	7,815	7,815	7,815
LR(c)	153,4	719,1	147,24
AIC	0,95	0,8	0,86
N	246	1.063	252

Estas variables intentan captar el efecto de la cercanía o no de la estación marítima/aeropuerto al origen/destino del individuo, y se refieren a la distancia que hay desde el origen hasta el aeropuerto/estación marítima (DACC) y la distancia que hay desde el aeropuerto/estación marítima de llegada hasta el destino final (DDES).

Este análisis se puede realizar en la medida en que se conoce el origen y destino del viajero, lo cual nos permite calcular la distancia en kms. que hay desde el lugar de origen al aeropuerto o estación marítima y desde éste al destino final. Sin embargo, existen situaciones donde el viajero parte de Santa Cruz y viaja en jet foil, cuya estación marítima se encuentra ubicada en Santa Cruz, con lo cual hay que asignarle alguna distancia promedio máxime si tenemos en cuenta que estos viajeros declaran un tiempo de acceso distinto de cero, revelando haber recorrido alguna distancia.

Para recoger estas situaciones se asigna una distancia promedio de tres kms a los viajeros que parten de Santa Cruz y viajan en jet foil o ferry, y de cinco kms para los que van desde la estación del jet foil o ferry hasta Las Palmas. Estas distancias parecen razonables si se tiene en cuenta las dimensiones de ambas capitales.

Los resultados de estas estimaciones se presentan en los modelos (A.13) y (A.14) en el cuadro A.4.8 y muestran que la distancia de acceso es la que supone una mayor desutilidad para el individuo. Este resultado pone de manifiesto que los pasajeros tienen en cuenta la cercanía de la estación marítima/aeropuerto cuando deciden en que medio viajar y que además valoran este hecho en mayor medida que la cercanía de la estación al destino final.

Otras estimaciones que se realizan son aquellas que consideran los otros componentes del coste diferentes al precio del billete, que se refieren a los costes de acceso y costes de desplazamiento hasta el destino final, los cuales se calculan a partir de la tarifa por kilómetro promedio del coche, autobús y taxi.

En esta aproximación este coste distinto al del billete se obtiene de la siguiente forma:

Como no se conoce el medio de transporte en que el individuo accede a la terminal o el aeropuerto, a la vez que tampoco se conoce como llega hasta su destino final, se opta por imputarle el coste medio por kilómetro de los medios disponibles, que son el taxi, el autobús y el coche privado.

Las tarifas por kilómetro del autobús y del taxi se conocen y la tarifa del coche se calcula de la siguiente forma:

Con el objeto de conocer el coste de operación del vehículo y ante el problema de calcular la velocidad media que realmente se está dando en los viajes analizados en este estudio, se decide realizar las estimaciones considerando inicialmente una velocidad media de 60 kms/hora y posteriormente considerando que la velocidad media sea de 90 kms/hora. El consumo de combustible de un coche se aproxima a 3,53 litros en 100 kms para una velocidad de 60 kms/hora y de 5,3 litros si la velocidad es de 90 kms/hora.

Cuadro A.4.8. Modelos Logit Simple y Jerárquico que incorpora las distancias recorridas.

VARIABLES	Mod(A.13)	Mod(A.14)
DACC	-0,0586 (-9,2)	-0,0504 (-7,7)
DDES	-0,0497 (-8,3)	-0,0454 (-7,4)
PRECIO	-0,0035 (-14,0)	-0,0039 (-12,9)
CAP.REL	0,5428 (1,4)	0,5612 (1,4)
TVEH	-0,0398 (-2,5)	-0,0350 (-1,7)
EMU	-----	0,44 (2,6)
CTE.JET	4,510 (5,2)	4,983 (4,7)
CTE.FERRY	1,905 (0,6)	9,977 (1,8)
Log-L(c)	-1.594,67	-1.591,78
Log-L(θ)	-1.164,33	-1.158,34
$\rho^2(0)$	0,272	0,276
$\rho^2(c)$	0,269	0,272
$\chi^2(k-c, 95\%)$	11,07	12,592
LR(c)	886,64	898,62
AIC	1,112	1,107
N	2.106	2.106

Asimismo el precio del litro de gasolina considerado es el de la Super que era en 1992 de 67,20 ptas/litro. De esta forma se puede calcular cual es el gasto en combustible por kilómetro recorrido. A este coste hay que añadirle además, una serie de costes variables, los cuales se toman a partir de la información proporcionada por diferentes revistas especializadas para las 14 marcas de automóvil más vendidas (tal y como se indica en TABASA, 1991), y que son los siguientes:

Neumáticos: 1,1 ptas/km

Mantenimiento: 3,15 ptas/km

Imprevistos: 1,5 ptas/km

Resultando con todo ello un coste de operación de vehículo de 6,135 ptas/km para una velocidad de 60 kms/hora y 6,153 ptas/km cuando la velocidad es de 90 Kms/hora.

Las tarifas promedio en autobús eran de 8,39 ptas/km en Gran Canaria y aproximadamente 10 ptas/km para Tenerife. La tarifa por kilómetro en taxi era de 94 pesetas⁶.

Con toda esta información se obtiene una tarifa promedio (promedio de la tarifa/kilómetro del autobús, el taxi y el coche particular), que permite imputar un coste por kilómetro, que multiplicado por la distancia hasta la terminal/aeropuerto y por las distancias desde la terminal/aeropuerto hasta el destino final, produce el coste de acceso y coste desde la terminal/aeropuerto hasta el destino final respectivamente. Esto se puede hacer en la medida en que se conocen el origen y destino del pasajero y por lo tanto las distancias recorridas.

Estas estimaciones incluyen el coste de acceso a la terminal o aeropuerto y el coste hasta el destino final una vez que se ha desembarcado, y se agrupan bajo la variable que se denomina "otro coste"⁷. Los resultados de estas estimaciones se presentan en los modelos A.15 y A.16 del cuadro A.4.9, donde se observa que la estructura correcta es la del logit jerárquico y que además los individuos se fijan en mayor medida en el precio del billete que en el resto de los costes, debido a que en muchas ocasiones ese otro coste no supone un desembolso físico de dinero, dado que en algunas ocasiones los individuos se trasladan en vehículo privado, y de ahí que lo ponderen en menor medida.

No obstante, se ha optado por proponer, dentro del capítulo 4, modelos que incluyeran únicamente el precio -tarifa del avión, jet foil o ferry- como variable de coste debido a que en caso contrario se necesitaba promediar tarifas muy diferentes dado que no se conoce como accede o llega al destino final el viajero. En el caso de los tiempos, este problema no es tan grave si tenemos en cuenta que los tiempos invertidos en los recorridos no difieren mucho entre el coche privado, autobús y el taxi.

Siguiendo con el proceso de selección y estimación de los modelos de demanda, se realizan una

⁶ Este precio, tan elevado en comparación al del coche o autobús, deriva del hecho que los recorridos en taxi se entienden en circuito cerrado hasta el punto de partida; es decir, el precio por kilómetro es de 47 pesetas pero el pasajero tiene que pagar como si viajara de nuevo al punto de partida, tal y como se establece en la Orden Ministerial de 8-9-92.

⁷ Este coste se ha calculado suponiendo que la velocidad promedio es de 60 kms/h. Sin embargo, se realizaron algunas estimaciones para una velocidad de 90 kms/h y no se produjeron alteraciones en los resultados obtenidos. Probablemente porque el suponer una u otra velocidad no supone grandes cambios en la tarifa promedio que se obtiene.

serie de estimaciones que responden a un planteamiento diferente al seguido hasta ahora. Se trata de considerar una especificación de la función de utilidad que no fuera lineal; con este propósito se plantea la estimación de un modelo logit de tipo Box-Cox.

Cuadro A.4.9. Modelos Logit Simple y Logit Jerárquico que introduce los otros componentes del coste distintos al precio del billete.

VARIABLES	Mod(A.15)	Mod(A.16)
OTRO COSTE	-0,0014 (-12,5)	-0,0013 (-10,1)
PRECIO	-0,0034 (-13,9)	-0,0039 (-13,0)
CAP.REL	0,6405 (1,1)	0,7585 (1,2)
TVEH	-0,0396 (-2,5)	-0,0349 (-1,7)
EMU	-----	0,42 (2,5)
CTE.JET	4,44 (4,9)	4,888 (4,4)
CTE.FERRY	2,064 (0,6)	10,43 (1,9)
Log-L(c)	-1.594,67	-1.591,78
Log-L(θ)	-1.165,50	-1.158,90
$\rho^2(0)$	0,271	0,275
$\rho^2(c)$	0,269	0,271
$\chi^2(k-c,95\%)$	9,488	11,07
LR(c)	884,3	897,5
AIC	1,112	1,107
N	2.106	2.106

Tras realizar varias estimaciones se observó como los resultados no mejoraban respecto a los obtenidos en este estudio; este motivo, junto con la difícil interpretación de los parámetros que se obtienen, llevaron a excluir dichas estimaciones.

Finalmente se plantea un modelo que recoge la existencia de un comportamiento diferenciado en la percepción de los atributos en función de la frecuencia del viaje.

Este análisis se realiza a través de los modelos propuestos en el cuadro A.4.10 (véase Mod(A.17)), y Mod(A.18)) donde se introducen los precios y tiempos específicos de pasajeros con diferente frecuencia de viaje.

La segmentación que se hace consiste en agrupar los pasajeros que realizan su viaje diariamente y más de una vez a la semana, variables que terminan en f1, pasajeros que viajan Una vez a la semana y una vez al mes, denominados f2, y pasajeros que realizan este viaje una vez al año y sólo ese día o nunca, f3. Por tanto la agrupación consiste en pasajeros de más a menos frecuentes.

Los resultados de estas estimaciones permiten detectar como el mayor coeficiente del tiempo se da para los viajeros que realizan su viaje diariamente y una vez a la semana; asimismo se observa un decrecimiento en este coeficiente que revela que a medida que disminuye la frecuencia con que viaja el individuo este pondera menos el tiempo. Este mismo comportamiento se repite para la variable precio. La explicación a este hecho está en que los pasajeros más frecuentes o habituales invierten más tiempo en viajes y esto hace que sean más sensibles a este atributo. Además los resultados ponen de manifiesto que a medida que los pasajeros son menos frecuentes, éstos ponderan menos el precio del billete; esto se puede deber a que los viajeros que realizan su viaje ocasionalmente o con menos frecuencia, son individuos que no dan tanta importancia al precio en la medida en que es un gasto que realizan en pocas ocasiones y por consiguiente tiene una escasa importancia en relación a la renta del individuo⁸.

Además se advierte que la diferencia más significativa está entre la ponderación del tiempo que hacen los viajeros que realizan su viaje una vez a la semana y una vez al mes y los pasajeros que viajan una vez al año y sólo ese día o nunca ($t=12,4$); así como entre estos últimos y los pasajeros que viajan diariamente y más de una vez a la semana ($t=12,23$). En cuanto al precio la diferencia más significativa, a pesar de que los parámetros son distintos en magnitud, se produce entre el coeficiente del precio estimado para los viajeros más frecuentes ($precf1$) y los menos frecuentes ($precf3$) (un $t=-1,6$), como reflejo de que para estos últimos tiene menor importancia o peso el gasto total de viajes dentro de su presupuesto individual, tal y como se señalaba anteriormente.

⁸ Hay que tener en cuenta que estos pasajeros viajan ocasionalmente por lo que el gasto total en viajes, que en cualquiera de los modos nunca supera las cinco mil pesetas, es una cantidad insignificante.

Cuadro A.4.10: Modelos con parámetros específicos de las submuestras de viajeros con distinta frecuencia con la que realizan su viaje.

Variables	Mod(A.17)	Mod(A.18)
TGEN.f1	-0,0633 (-9,5)	-0,0483 (-9,6)
TGEN.f2	-0,0497 (-15,8)	-0,0465 (-15,1)
TGEN.f3	-0,0396 (-13,0)	-0,0405 (-14,1)
PRECIO.f1	-0,0037 (-11,4)	-0,0041 (-12,1)
PRECIO.f2	-0,0031 (-12,3)	-0,0037 (-12,2)
PRECIO.f3	-0,0028 (-11,0)	-0,0033 (-10,9)
CAP.REL	0,3519 (0,6)	0,7344 (1,1)
EMU	-----	0,39 (2,8)
CTE.JET	2,788 (6,4)	3,258 (6,7)
CTE.FERRY	2,328 (4,1)	12,21 (4,9)
log _e L(c)	-1.581,11	-1.578,21
Log _e L(θ)	-1001,21	-991,41
ρ ² (0)	0,369	0,375
ρ ² (c)	0,366	0,371
χ ² (k-c,95%)	14,067	15,507
LR(c)	1.185,54	1.205,14
AIC	0,966	0,958
N	2.090	2.090

Por último, cabe señalar que el análisis realizado ha permitido comprobar que los pasajeros menos frecuentes son los que le conceden menos importancia al tiempo y al precio, a diferencia de aquellos pasajeros más habituales; esto refleja que los individuos que realizan su viaje con poca frecuencia invierte poco tiempo y dinero en la realización de todos sus viajes y de ahí que le concedan poca importancia a estas variables, en la medida en que éstas suponen una cantidad muy pequeña del tiempo total del que disponen y a la renta que poseen, respectivamente.

ANEXO 5.1: El Valor del Tiempo para los Viajeros con Distinta Frecuencia de Viaje.

En el cuadro A.5.1 se presentan los distintos valores del tiempo que se derivan cuando se agrupan los individuos en función de la frecuencia con que realizan su viaje. En este caso se observa como los individuos que realizan su viaje una vez a la semana y una vez al mes son los que exhiben un mayor valor del tiempo. Los valores que se obtienen a partir de esta segmentación son sensiblemente inferiores a los obtenidos con anterioridad como reflejo de que se trata de submuestras que agrupan a viajeros con distintos motivos de viaje y niveles de renta, lo que ocasiona compensaciones entre unos y otros valores y hace que el valor medio que se obtiene para cada submuestra sea relativamente pequeño. Si bien, lo que sí se puede detectar es que los viajeros de negocios se engloban mayoritariamente en la frecuencia de viaje denominada "F2" y esta puede ser la razón de que se produzca en esta submuestra el mayor valor del tiempo.

Cuadro A.5.1: Valores del tiempo para los viajeros con diferente frecuencia con la que realizan el viaje*.

FRECUENCIA DE VIAJE	VST	(estadístico t)
F1	707 ptas/h	7,17
F2	754 ptas/h	9,16
F3	736 ptas/h	8,5

* Estos valores se obtienen a partir del modelo (10) presentados en el capítulo 4.

Donde:

F1: Diariamente y más de una vez a la semana

F2: Una vez a la semana y una vez al mes

F3: Una vez al año y solo ese día o nunca.

ANEXO 5.2: Predicciones de Demanda para los Modelos Estimados.

Cuadro A.5.2.1: Comparación de las predicciones derivadas del MNL y NL ante un incremento del 10% en la tarifa.

Modos	porcentaje de cambio predicho sobre la situación inicial después de haber aplicado la política (%).					
	(1)		(2)		(3)	
	MNL	NL	MNL	NL	MNL	NL
Avión	-33,8	-32,8	37,8	38,0	1,1	1,3
Jet-Foil	28,5	28,3	-36,7	-35,5	1,5	1,4
Ferry	19,4	11,1	30,7	15,6	-26,1	-28,1

Cuadro A.5.2.2: Comparación de las predicciones derivadas del MNL y NL ante una reducción del tiempo total de viaje en un 10%.

Modos	Porcentaje de cambio predicho sobre la situación inicial después de haber aplicado la política (%).					
	(4)		(5)		(6)	
	MNL	NL	MNL	NL	MNL	NL
Avión	22.7	22.9	-20.0	-21.1	-2.9	-1.3
Jet-Foil	-19.9	-19.6	19.7	19.8	-3.0	-1.2
Ferry	-14.4	-9.2	-18.5	-10.1	60.1	25.1