

Un enfoque microeconométrico de los determinantes de la elección del modo de transporte: el caso del Gran Mendoza

María Inés Lara

Recibido: marzo 2003. Aceptado (con referato): mayo 2004

Resumen

Este trabajo presenta el proceso de derivación y desarrollo de un modelo logit multinomial y su aplicación a la elección del medio de transporte. Tiene por objeto estudiar los determinantes de la elección del modo de transporte en el Gran Mendoza. Entre estos se encuentran los atributos propios del servicio (tiempo de espera, tiempo de viaje, distancia a la parada de origen, etc) y las características de los consumidores (edad, sexo, nivel de ingresos, nivel educativo, cantidad de miembros del hogar que viajan, etc.).

Los modelos de elección discreta son ampliamente utilizados en economía del transporte para representar la elección entre un conjunto de alternativas mutuamente excluyentes. La mayoría de los modelos de elección discreta están basados en la teoría de la utilidad aleatoria. El desarrollo de este tipo de modelos representa un significativo avance en el análisis del comportamiento decisorio individual.

El primer resultado que surge de la investigación es la alta significatividad estadística de las variables explicativas seleccionadas para entender la elección modal en el caso del automóvil particular respecto del ómnibus, al igual que resultan significativas las variables para explicar la sustitución entre los servicios públicos de transporte masivo (trolebús versus ómnibus).

Summary

A microeconomic approach to the determinants of travel mode choice: the case of commuters of Gran Mendoza

This paper presents the process and development of a multinomial logit model and its application to travel mode choice by commuters of Gran Mendoza. Most discrete choice models are based on random utility maximization hypothesis. The development of this kind of models represents a significant advance in the analysis of individual choice behavior. Discrete choice models are widely used in economic of transport. In general, they postulate that the probability of individuals choosing a given option, from a set of mutually exclusive alternatives, is function of their socioeconomic characteristics and the relative attractiveness of the option. The results show that the explanatory variables included in the model are statistically significant and allow explaining the travel mode choice by commuters of Gran Mendoza.

1. INTRODUCCIÓN

El transporte es un elemento crítico en el desarrollo de las ciudades. En la mayoría de los países en crecimiento, el sector urbano aporta cerca del 50% del producto bruto nacional y en algunos casos más del 70%. Estos números dan una idea de la alta concentración de la población y de las industrias en los entornos de las ciudades. Ello ha traído aparejado un fuerte incremento del movimiento de bienes y personas, con la consiguiente demanda sobre la infraestructura y los medios de transporte. Las ciudades de los países en desarrollo, a menudo, dedican entre el 15% y el 25% de sus gastos totales al pago de servicios de transporte, y algunas veces mucho más. Entre el 5% y el 25% de los ingresos de los hogares urbanos es gastado en transporte. Para Mendoza se ha estimado, con valores promedio, una incidencia del ingreso destinado al transporte público que ronda el 5%¹.

Estas cifras, por sí solas justifican dedicar esfuerzos a la investigación de las variables que influyen en el comportamiento del sector. En el caso particular de esta investigación, el interés se concentra en el análisis de los determinantes de la elección individual del modo de transporte.

La demanda de servicios de transporte es altamente cualitativa y diferenciada. Existe un amplio rango de demandas específicas por transporte que se diferencian por tiempo (día de la semana, horario), propósito del viaje, frecuencia, etc.

Es una demanda derivada, es decir no existe en sí misma, los individuos se desplazan para satisfacer una necesidad (trabajo, estudio, placer, salud, etc.), pero no por la movilización en sí. Tiene un importante componente espacial y temporal, lo que dificulta aún más su modelización.

Existen distintos modelos para representar la demanda de transporte. En este trabajo se desarrollará un modelo de elección modal (llamado también modelo de elección discreta ya que supone que los individuos eligen una opción de un conjunto finito de alternativas) que postula que la probabilidad que los individuos elijan una determinada opción es función de sus características socioeconómicas y del atractivo relativo de la opción.

¹ Al hacer los cálculos, estimando diferentes cantidades de viajes, para tres estratos de ingreso (bajo, medio y alto), ese porcentaje varía entre el 37% y el 1%. Para mayor detalle se sugiere consultar GINER, María Elena y LARA de RICCI, María Inés, "Servicio Público de Transporte. Principales características económicas" en GINER, María Elena y otros (2002).

2. EL SISTEMA DE TRANSPORTE EN EL GRAN MENDOZA²

2.1. Características generales

El transporte es una prestación que está indisolublemente ligada a las variables tiempo y espacio. Esta investigación está centrada en los movimientos de la población mendocina en el área del Gran Mendoza³, en términos generales, para luego concentrarse en los movimientos hacia la ciudad Capital.

Según el Censo del 2001, la población del Gran Mendoza ascendía a 984.239 habitantes, generando algo más de un millón y medio de viajes diarios, lo que supone un promedio de 1,6 viajes por habitante por día.

El Censo puso en evidencia una relocalización poblacional, con una disminución de población en la ciudad Capital y un incremento en el resto de los Departamentos que conforman el Gran Mendoza. Estos movimientos de la población sumados a la alta concentración de actividades administrativas, educativas, financieras y comerciales en Capital justifican los resultados obtenidos en matriz de traslados, los que señalan una importante confluencia de movimientos hacia el centro urbano del Gran Mendoza, que aparece como el principal aglomerado atractor.

La información utilizada es obtenida de la Encuesta de Origen – Destino⁴ realizada en 1998 por la Dirección de Vías y Medios de Transporte y la Dirección de Estadísticas e Investigaciones Económicas de la Provincia.

Para satisfacer las necesidades de traslado, los mendocinos cuentan con diversas alternativas motorizadas y no motorizadas, públicas y privadas. En la Encuesta Origen – Destino se enumeran 12 modos de transporte disponibles, que pueden ser agrupados en 4 categorías:

- Servicio público de pasajeros: ómnibus y trolebuses;
- Servicios contratados: ómnibus contratados, transporte escolar, taxis, remises;
- Vehículos particulares: incluye a quienes viajan en condición de conductor o acompañante; y
- Formas no motorizadas: bicicletas, viajes a pie a más de 10 cuadras y desplazamientos, que son viajes a menos de 10 cuadras.

Dicha encuesta revela que para el 86,3% de los traslados se utiliza algún modo de transporte. La diferencia la constituyen los viajes a pie y los desplazamientos.

Si se consideran todos los medios, el utilizado principalmente es el auto particular, el que agrupando a quienes viajan en calidad de conductor (21,6%) y de acompañante (12,2%), alcanza una participación del 33,8%. Le sigue el ómnibus con un peso relativo de casi 30,0%. Los traslados en bicicleta, a pie y los desplazamientos representan en conjunto el 25,0%. La participación de trolebuses y de taxis/remises son muy bajas (1,0% y 1,3% respectivamente).

² Para un análisis más detallado consultar GINER, María Elena, "Gran Mendoza. Los movimientos de la población y el transporte público" en GINER, María Elena y Otros (2003), capítulo II.

³ Comprende los Departamentos Capital, Guaymallén, Godoy Cruz, Las Heras, Maipú y Luján.

⁴ Dirección de Vías y Medios de Transporte, octubre de 1998.

Cuadro 1 – Matriz de movimientos por zonas
Participación relativa por zona de origen

		Zonas de destino							Total
		Capital	Godoy Cruz	Las Heras	Guaymallén	Luján	Maipú	Otros	
Zonas de Origen	Capital	45,3	16,6	14,6	16,5	2,7	2,7	1,6	100,0
	Godoy Cruz	41,9	39,1	2,7	7,0	5,1	3,5	0,8	100,0
	Las Heras	59,6	4,5	29,9	4,1	0,6	0,7	0,6	100,0
	Guaymallén	41,4	7,0	2,2	43,3	1,1	3,2	1,8	100,0
	Luján	29,3	15,5	1,1	3,3	41,2	6,9	2,8	100,0
	Maipú	27,7	9,8	1,2	8,7	6,0	44,8	1,8	100,0
	Otros	20,1	1,3	0,5	3,1	1,6	1,1	72,2	100,0

Participación relativa por zona de destino

		Zonas de destino						
		Capital	Godoy Cruz	Las Heras	Guaymallén	Luján	Maipú	Otros
Zonas de Origen	Capital	32,4	31,2	49,6	30,6	15,5	14,0	5,4
	Godoy Cruz	18,8	46,0	5,6	8,1	18,4	11,3	1,6
	Las Heras	15,9	3,2	37,7	2,9	1,3	1,4	0,7
	Guaymallén	18,9	8,4	4,8	51,4	4,0	10,4	3,8
	Luján	4,4	6,1	0,8	1,3	49,5	7,4	1,9
	Maipú	4,6	4,3	1,0	3,7	8,0	53,5	1,4
	Otros	5,1	0,9	0,6	2,1	3,3	2,0	85,2
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	

Fuente: GINER de LARA, María Elena, "Gran Mendoza. Los movimientos de la población y el transporte público" (Mendoza, FCE-UNCuyo, 2003)

Por el lado de la demanda de transporte hay decisiones institucionales que obligan a que determinados viajes se concentren en el tiempo y en el espacio, horarios de comercio, de administración pública, de instituciones financieras y de instituciones educativas. Según observa Giner (2002), la distribución del tráfico en Gran Mendoza no escapa a esta estacionalidad horaria. Las horas de mayor afluencia son entre las 7 y las 9 de la mañana (normalmente coinciden con la entrada al trabajo y a la escuela) y entre las 13 y las 14 horas (que coincide con la salida del trabajo y de la escuela). En el primer caso se concentra un 20,0% de los movimientos y en el segundo un 19,4%.

El movimiento entre dos puntos insuere tiempo; tiempo para llegar a los lugares en los que se aborda o se deja el servicio; tiempo para esperar la llegada del vehículo; tiempo para realizar el viaje. El tiempo es una de las variables más significativas en las decisiones de transporte. Según surge del trabajo de Giner (2002) los servicios contratados (tanto de automóvil como de ómnibus) registran los mayores tiempos promedio de viajes. Esto se debe a que esta modalidad de transporte lleva al pasajero puerta a puerta, de manera que se sustituye comodidad y seguridad por mayor tiempo de viaje.

El tiempo de viaje en auto particular, ya sea en condición de conductor o acompañante, es inferior al de transporte público de pasajeros. El tiempo promedio de viaje en ómnibus es de 22 minutos mientras que el de trolebús es de 17 minutos (este resultado tiene su origen en el mayor kilometraje recorrido por los primeros).

El tiempo de espera promedio del transporte público de pasajeros es de 11 minutos para el ómnibus y de 9 para el trolebús.

Además de las variables tiempo de espera y tiempo de viaje, forma parte del “costo generalizado de viaje” el tiempo que insume llegar hasta la parada o punto de acceso al transporte. Casi el 80% de los viajeros caminan entre menos de una cuadra y tres cuadras, para llegar a la parada. Giner (2002) consideró que un individuo promedio demora entre un minuto y medio y dos minutos en recorrer una cuadra incluyendo el cruce de la calle. Con estos datos calculó que en promedio, el tiempo que se demora en llegar a la parada de origen es de aproximadamente tres minutos y a la parada de destino tres minutos y medio.

Combinando la información de tiempos, esta autora concluye que, en promedio, el mendocono utiliza 45 minutos por cada movimiento desde el momento de salida hasta la llegada, de manera que cada viaje completo (ida y vuelta) insume un promedio de 1 hora y media.

Sin lugar a dudas la demanda por transporte será diferente según el motivo por el cual necesiten viajar los individuos. Los empleados necesitan ir a sus trabajos y los niños y adolescentes a las instituciones educativas en horarios rígidos y preestablecidos, mientras que un ama de casa podrá ir de compras durante todo el tiempo que el comercio se encuentre abierto. Al considerar todos los motivos enumerados en la Encuesta y excluyendo el regreso al hogar⁵, el principal motivo de viaje es el trabajo con casi un 21% de participación, seguido por estudio con un 15%. Esto enfatiza la importancia social de este servicio como soporte de actividades económicas y de formación de capital humano. Fallas o ineficiencias en el sistema de transporte repercuten fuertemente en las principales actividades de la sociedad.

2.2. La PEA⁶, el sistema de transporte y la población objetivo

Según los datos que arroja la Encuesta, los viajes realizados por la PEA representan el 88,4% del total. El 28,7% de ésta se moviliza en ómnibus, el 24,3% lo hace en el automóvil particular en calidad de conductor, en trolebús el 0,8% y en taxi/remis igual porcentaje.

Excluyendo el regreso al hogar, casi un cuarto de la PEA se traslada por trabajo y un 7% lo hace por estudio. Le siguen en importancia compras, salud y servicios (4,1%, 1,3% y 1% respectivamente).

El 62% de los viajes que realiza la población económicamente activa tiene una frecuencia diaria y casi el 20% se concentra entre las 7:00 horas y las 9:00 horas.

Teniendo en cuenta esta información y la que surge de la matriz de origen destino, este trabajo se ha concentrado en el estudio de las decisiones de transporte de individuos que utilizan el sistema de transporte para concurrir a sus lugares de trabajo, localizados en la ciudad Capital, con frecuencia diaria y durante las horas pico de la mañana. En el Anexo A se adjuntan los estadísticos que caracterizan a esta población.

⁵ Este motivo concentra todo el flujo de retorno al hogar agrupando distintos canales de salida desde distintos puntos de origen hacia el hogar.

⁶ Población Económicamente Activa.

2.3. Estimación de ingresos horarios

La Encuesta Origen – Destino utilizada en el presente trabajo no releva información relacionada con los ingresos laborales de los individuos encuestados. A fin de solucionar esta limitación se utilizó la Encuesta Permanente de Hogares realizada en Mayo de 1998 en el Gran Mendoza y se estimaron ecuaciones de Mincer. Esta metodología se basa en un modelo de precios hedónicos que supone que el bien mano de obra es multidimensional y su precio (el salario) puede interpretarse como surgiendo de la interacción de diferentes mercados implícitos, cada uno correspondiente a una característica o dimensión particular.

En este sentido, el análisis empírico de las ecuaciones de Mincer permite estimar la contribución de cada una de las características del trabajador a su salario. Estas características que determinan el salario son las capacidades adquiridas como consecuencia de la inversión en capital humano (educación formal, experiencia laboral), capacidades debidas a habilidades innatas del individuo (“inteligencia”), tipo de empleo (rama de actividad, nivel de calificación de la tarea), base de contrato *part time* o *full time*, género, edad y otros (pertenencia a unión sindical, raza, religión, etc.).

Para las estimaciones son relevantes los ingresos de la fuente laboral, ya que resulta más obvia la relación entre este tipo de ingresos y las variables de capital humano. Otros ingresos, especialmente los de capital, son captados con mayor error por las encuestas de hogares debido a la subdeclaración.

Generalmente se utiliza el ingreso horario, puesto que se considera como dado el salario horario y las horas trabajadas como elegidas por el individuo.

Como era necesario hacer un “matching” entre ambas encuestas, a los efectos de la estimación de las ecuaciones de Mincer, se buscaron aquellas características de los individuos que estuvieran presentes en ambos paneles. Las variables comunes resultaron ser edad, género y nivel educativo.

La ecuación a estimar queda definida, entonces como:

$$\ln w = \alpha_1 + \alpha_2 \text{Edad} + \alpha_3 \text{Educación} + \alpha_4 \text{Género} + \mu$$

donde:

w : es el salario horario⁷.

Edad : es la edad del individuo al momento de la encuesta⁸.

Educación : se refiere a educación formal y es una variable categórica que toma el valor 0, si el individuo no tiene estudios primarios o los tiene incompletos, 1 si completó sus estudios primarios, 2 si tiene secundaria incompleta, 3 si tiene estudios secundarios completos, 4 cuando tiene estudios superiores incompletos y 5 cuando completó la educación superior.

Género : es una variable dicotómica que toma el valor 1 si el individuo es hombre y 0 si es mujer.

⁷ El salario horario no se ajustó por horas trabajadas ya que esta información no es relevada en las encuestas utilizadas.

⁸ El retorno a la edad es idéntico que el retorno a la experiencia y busca medir la contribución al capital humano originada en el hecho de aprender a hacer el trabajo por la simple práctica o por la capacitación recibida en el lugar de trabajo (*on - the - job training*).

α_i : son los parámetros a estimar

μ : es el término de perturbación del modelo.

La ecuación, a partir de la cual se obtienen los ingresos horarios queda definida como⁹:

$$\ln w = -0,274 + 0,012Edad + 0,262Educación + 0,189Género$$

3. MODELOS PARA REPRESENTAR LA DEMANDA DE TRANSPORTE

Existen distintos modelos para representar la demanda de transporte. Ortúzar y Willumsen (1998) los clasifican en modelos agregados de demanda de transporte¹⁰ (o modelos de primera generación) entre los que se encuentran los modelos de generación, atracción y distribución, y los modelos desagregados de demanda (o modelos de segunda generación) que son modelos basados en las decisiones individuales de los viajeros y permiten estudiar los determinantes de la elección del modo de transporte.

En este trabajo se desarrollará un modelo de elección modal. Estos modelos, llamados también modelos de elección discreta (es decir aquellos en los que los individuos eligen una opción de un conjunto finito de alternativas) postulan que la probabilidad que los individuos elijan una determinada opción es función de sus características socioeconómicas y del atractivo relativo de la opción.

El comportamiento económico subyacente en la elección de un modo de transporte, como en cualquier otra, requiere la comparación de los costos y beneficios de la decisión involucrada.

Para representar el atractivo de las alternativas se utiliza el concepto de **utilidad** (que es lo que el individuo busca maximizar). Los medios de transporte no producen utilidad por sí mismos, sino que ella se deriva de las características del servicios brindado y de la valoración que cada usuario hace de esas características en función de sus gustos y necesidades.

Se supone que la utilidad indirecta asociada, por cada usuario, a cada medio de transporte es función de sus características socio-económicas y de las del servicio mismo, del costo monetario y del costo en tiempo. Es decir, que cuando un individuo usa un determinado medio de transporte significa que la valoración que él asigna al servicio es superior, o a lo sumo igual, a la de las alternativas disponibles.

Puede observarse que dados dos individuos con iguales características, cada uno utiliza un medio de transporte distinto. Esto se explica a través de las llamadas variables latentes que son aquellas que explican la elección pero que no se captan en los datos relevados por la Encuesta o usados por el analista.

Como en la función de utilidad intervienen aspectos de oferta (tarifa, frecuencia, tiempo de espera, de viaje) los oferentes de servicios de transporte pueden influir en el comportamiento de la demanda introduciendo modificaciones al servicio.

⁹ Los resultados de la estimación se detallan en el Anexo B.

¹⁰ Una descripción completa de estos modelos puede hallarse en Ortúzar y Willumsen (1998), capítulo 6. En términos generales, el primer tipo de modelo permite estimar el número de viajes generados y atraídos por cada segmento de la demanda en cada zona de estudio; mientras que los modelos de distribución buscan analizar los viajes entre cada zona de origen y cada zona de destino.

3.1. Marco teórico

La mayoría de los modelos de elección discreta están basados en la teoría de la utilidad aleatoria (Domencich y McFadden 1975) que, en términos generales postula que:

- Los individuos pertenecen a un grupo homogéneo de población Q ¹¹, actúan racionalmente y poseen perfecta información (siempre seleccionan aquella opción que maximiza su utilidad);
- Existe un conjunto de alternativas disponibles $A = \{A_1, \dots, A_i, A_j, \dots, A_n\}$ y un conjunto X de vectores de atributos medibles del individuo y de las alternativas. Un determinado individuo q posee un conjunto de atributos $x \in X$ y enfrenta un conjunto de elección $A(q) \in A$.¹²
- Cada opción $A_j \in A$ tiene asociada una utilidad neta U_{jq} para cada uno de los individuos. La teoría de la utilidad aleatoria postula que dicha utilidad posee dos componentes, uno observable y medible (\bar{U}_{jq}) que es función de los atributos x ¹³ y otro estocástico (ε_{jq}) que refleja, además de los errores de medición y observación, los gustos, costumbres, etc., de cada individuo. Este componente aleatorio permite explicar por qué individuos con idénticas características eligen alternativas distintas y por qué algún individuo no elige aquella alternativa que, a priori, parece para el investigador la más conveniente.

En términos matemáticos:

$$U_{jq} = \bar{U}_{jq} + \varepsilon_{jq} \tag{1}$$

Para que (1) sea correcta se necesita una cierta homogeneidad en la población bajo estudio. En principio se requiere que todos los individuos enfrenten el mismo conjunto de alternativas y el mismo conjunto de restricciones para lo cual es necesario segmentar el mercado.

Sin pérdida de generalidad se puede asumir que los residuos ε son variables aleatorias con media 0 y una cierta distribución de probabilidades.

Se puede especificar

$$\bar{U}_{jq} = \sum_{k=1}^K \beta_{jk} x_{jkq} \tag{2}$$

¹¹ Se simboliza con la letra Q a cualquier individuo perteneciente a la población Q .

¹² En adelante se supondrá que el conjunto de elección del individuo está predeterminado, es decir, que el efecto de las restricciones ya se ha tenido en cuenta y, por lo tanto, no afecta el proceso de selección entre las alternativas disponibles.

¹³ Los individuos tienen $k = 1, \dots, K$ atributos.

donde los parámetros β se suponen constantes para todos los individuos (modelo de coeficientes fijos) pero pueden variar entre alternativas.

Al igual que puntualizan Ortúzar y Willumsen (1998) es necesario enfatizar la convivencia de dos puntos de vista en este tipo de formulación. Por un lado está la del individuo que tranquilamente contrapesa todos los elementos de interés, sin aleatoriedad, y selecciona la opción más conveniente; y la del analista o investigador, que observado la decisión tomada y asociándola con las características socioeconómicas del individuo y con las características de la alternativa, necesita los residuos ϵ para explicar lo que de otro modo podría resultar en un comportamiento irracional.

- El individuo q selecciona la alternativa que maximiza su utilidad, es decir el individuo elige A_j si y sólo si:

$$U_{jq} \geq U_{iq} \quad \forall A_i \in \mathbf{A}(q) \quad (3)$$

esto es,

$$\bar{U}_{jq} - \bar{U}_{iq} \geq \epsilon_{iq} - \epsilon_{jq} \quad (4)$$

Al ser los valores de $(\epsilon_{iq} - \epsilon_{jq})$ desconocidos y estocásticos, no es posible determinar con certeza si la desigualdad (4) se verifica. Entonces, la probabilidad de que el individuo q elija la alternativa A_j será:

$$P_{jq} = \text{Prob}\{\epsilon_{iq} \leq \epsilon_{jq} + (\bar{U}_{jq} - \bar{U}_{iq})\} \quad \forall A_i \in \mathbf{A}(q) \quad (5)$$

Para estimar la probabilidad se sabe que las variables aleatorias poseen una distribución determinada que puede expresarse como $f(\epsilon) = f(\epsilon_1, \dots, \epsilon_N)$. También se sabe que la distribución de \mathbf{U} , $f(\mathbf{U})$ es la misma pero con diferente media ($\bar{\mathbf{U}}$ en lugar de 0). Por lo tanto, otra forma de expresión de (5) sería:

$$P_{jq} = \int_{R_N} f(\epsilon) d\epsilon \quad (6)$$

en la cual

$$R_N = \left\{ \begin{array}{l} \epsilon_{iq} \leq \epsilon_{jq} + (\bar{U}_{jq} - \bar{U}_{iq}), \quad \forall A_i \in \mathbf{A}(q) \\ \bar{U}_{jq} + \epsilon_{jq} \geq 0 \end{array} \right\}$$

Pueden generarse diferentes modelos de acuerdo a los supuestos que se adopten sobre la distribución de los residuos ϵ .

Un importante conjunto de modelos de utilidad aleatoria es la generada por funciones de utilidad que suponen que los residuos son independientes e idénticamente distribuidos. En este caso, $f(\epsilon)$ puede ser descompuesto en:

$$f(\epsilon_1, \dots, \epsilon_N) = \prod_n g(\epsilon_n)$$

donde $g(\epsilon_n)$ es la distribución de utilidad asociada con la opción A_n .

Es importante destacar que a diferencia de la mayoría de los estudios de demanda individual, en los que interesa conocer qué cantidad de un determinado bien consumirá un individuo (la pregunta relevante es cuánto), en los modelos de elección discreta interesa conocer cuál será la alternativa que escoja el individuo (en este caso la pregunta relevante es cuál).

3.2. El modelo logit multinomial

El modelo logit multinomial es la forma más popular y simple de los modelos de elección discreta en las aplicaciones prácticas.

Supone que los residuos en (6) son independientes e idénticamente distribuidos Gumbell (IID Gumbell) y la ausencia de heteroscedasticidad y autocorrelación en el modelo.¹⁴

Teniendo en cuenta (2), los β_{jk} son los parámetros a estimar y reflejan la utilidad marginal no estocástica de cada uno de los atributos. Debe tenerse presente que los parámetros difieren por alternativa y por atributo y no por individuo. La forma que adquiere la función de utilidad y las características de las alternativas provienen de la teoría microeconómica, aunque en la práctica suelen utilizarse aproximaciones lineales, como en este caso. Si bien el modelo es no lineal, las variables explicativas afectan a la variable dependiente a través de un índice lineal

$(\sum_{k=1}^K \beta_{jk} x_{jkq})$ que luego es transformado por una función de distribución de forma tal que los valores sean consistentes con los de una probabilidad.

McFadden demostró que la probabilidad de elección de la alternativa A_j por parte del individuo q , bajo los supuestos señalados, es igual a:

$$P_{jq} = \frac{e^{\bar{U}_{jq}}}{\sum_i e^{\bar{U}_{iq}}} = \frac{e^{\sum_{k=1}^K \beta_{jk} X_{jkq}}}{\sum_i e^{\sum_{k=1}^K \beta_{ik} X_{ikq}}} \quad (7)$$

¹⁴ Alguno de estos supuestos pueden parecer irreales (o muy fuertes) pero tomados en conjunto puede resultar a menudo irreal imaginar cualquier situación del mundo real en la que se satisfagan todas las condiciones. Se ha demostrado que estos supuestos simplificadores limitan la habilidad del modelo para representar la verdadera estructura del proceso de decisión. Las investigaciones recientes contribuyen a desarrollar modelos más cerrados que relajan estos supuestos a fin de lograr una representación más real de las probabilidades de elección. Los modelos logit mixtos, logit jerárquicos y los modelos de valores extremos generalizados son ejemplos de estos modelos alternativos.

Este modelo es relativamente sencillo de calibrar y su uso se ha generalizado. El modelo asume la inexistencia de correlación entre las distintas alternativas disponibles. Esta es la propiedad de independencia de alternativas irrelevantes¹⁵, que podría llevar a que el modelo provea estimaciones sesgadas si algunas de las alternativas se encuentran correlacionadas entre sí.¹⁶

3.3. Método de estimación

La estimación del modelo logit multinomial es inmediata. La estimación de los parámetros β_{jk} se realiza por el método de máxima verosimilitud. Este método plantea que aunque una muestra pueda provenir de distintas poblaciones, existe una que tiene la mayor probabilidad de ocurrencia. Es decir, los estimadores calculados por máxima verosimilitud son el conjunto de parámetros que generaría más a menudo la muestra observada. McFadden (1975)¹⁷ ha demostrado que la función de verosimilitud de este tipo de modelos es bien comportada y tiene un único máximo si la utilidad es lineal en los parámetros, tal como se supone en el presente trabajo.

La probabilidad de elección de un modo de transporte determinado viene dada por la ecuación

(7). Si se multiplica numerador y denominador por $e^{\sum_{k=1}^K c_{jk} x_{jkq}}$ siendo c_{jk} un vector de constantes arbitrarias, se obtendría:

$$P_{jk} = \frac{e^{\sum_{k=1}^K \beta_{jk} x_{jkq}} e^{\sum_{k=1}^K c_{jk} x_{jkq}}}{\sum_i e^{\sum_{k=1}^K \beta_{ik} x_{ikq}} e^{\sum_{k=1}^K c_{jk} x_{jkq}}} = \frac{e^{\sum_{k=1}^K (\beta_{jk} + c_{jk}) x_{jkq}}}{\sum_i e^{\sum_{k=1}^K (\beta_{ik} + c_{jk}) x_{ikq}}} \quad (8)$$

El problema fundamental de este tipo de modelos es que no es posible estimar el parámetro β_{jk} independientemente de c_{jk} , es decir que con el mismo conjunto de datos se puede estimar β_{jk} o $(\beta_{jk} + c_{jk})$ ¹⁸. Para solucionar este inconveniente, sin pérdida de generalidad, se fijan

¹⁵ El axioma de independencia de alternativas irrelevantes sostiene que si dos alternativas cualesquiera tienen probabilidad no cero de ser elegidas, la razón de una probabilidad sobre la otra no se ve afectada por la presencia o ausencia de cualquier alternativa adicional en el conjunto de elección. En otras palabras, el cociente de probabilidades P_j/P_i no depende del resto de las alternativas, lo que en última instancia es consecuencia de suponer que los errores del modelo original son independientes.

¹⁶ El modelo que no necesita ninguno de los supuestos que se han utilizado hasta aquí es el probit multinomial, que sólo requiere que los residuos estocásticos sigan una distribución normal multivariada. Este modelo posee la ventaja de ser teóricamente más general aunque su calibración es compleja, dado que los métodos de integración numérica no son eficientes en problemas de optimización cercanos al óptimo, al generar estimaciones sesgadas, además de ser muy lento. Si se utilizan métodos de máxima verosimilitud es posible la existencia de múltiples óptimos en la función de verosimilitud. GARCÍA, Pablo M, "A microeconomic approach to the determinants of travel mode choice" Anales de la Asociación Argentina de Economía Política (Tucumán, 2002), pág. 6.

¹⁷ WOOLDRIDGE, Jeffrey, "Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data" (Cambridge, The MIT Press).

¹⁸ Esto se conoce en la literatura como el problema de identificación de parámetros. Los parámetros de un modelo se encuentran identificados cuando para un conjunto determinado de observaciones, los estimadores de dichos parámetros

los parámetros de una de las alternativas con el valor 0 y se estiman los parámetros correspondientes a las otras alternativas. Por lo tanto, la probabilidad de que un individuo q elija la alternativa que se tomó como referencia es igual a uno menos la sumatoria de la probabilidad de elección de las otras alternativas. De esta forma, la probabilidad de que el individuo q opte por la alternativa j será:

$$P_{jq} = \frac{e^{\sum_{k=1}^K \beta_{jk} x_{jkq}}}{\sum_{i=2}^K e^{\sum_{k=1}^K \beta_{ik} x_{ikq}} + 1} \quad (9)$$

suponiendo $\beta_{1k} = 0$

4. APLICACIÓN DEL MODELO LOGIT MULTINOMIAL PARA LA ELECCIÓN DEL MODO DE TRANSPORTE EN EL GRAN MENDOZA

El modelo multinomial de elección discreta para el transporte en el Gran Mendoza se construye suponiendo que los individuos pueden optar entre cuatro medios alternativos de transporte, los cuales se clasificaron aleatoriamente de la siguiente forma:

Código	Modo
0	Ómnibus
1	Automóvil
2	Trolebús
3	Taxi/Remis

Como variables explicativas del modelo se utilizan variables que caracterizan socioeconómicamente al individuo (edad, género, ingreso) y al hogar (cantidad de miembros que viajan, cantidad de vehículos en el hogar) y variables que caracterizan al modo de transporte (el tiempo de espera, el tiempo de viaje, la distancia a la parada de origen, la distancia a la parada de destino)¹⁹.

Las principales fuentes de información son las encuestas de movilidad desagregadas por individuo. Para el caso del Gran Mendoza se trabajó con la encuesta Origen – Destino de 1998, de la cual se obtuvo información relativa a tiempo de viaje, tiempo de espera, distancia a la parada de origen y distancia a la parada de destino, cantidad de viajes, cantidad de vehículos en el hogar, cantidad de miembros del hogar que viajan.

La información relativa a ingresos se estimó a partir de la Encuesta Permanente de Hogares de Mayo de 1998, estimando ecuaciones de Mincer, tal como se explicó en el punto 2 del presente trabajo.

poseen valores únicos. Es decir, a partir de una muestra determinada se obtiene un único estimador para cada parámetro de interés.

¹⁹ Como sólo se dispone de información sobre costos monetarios del transporte público no se incluyó esta variable en la especificación del modelo.

La especificación más completa del modelo estimado es:

$$Prob(A_j) = F(\beta_0 + \beta_1 Edad_q + \beta_2 Género_q + \beta_3 Wh_q + \beta_4 T_espera_q + \beta_5 T_viaje_q + \beta_6 D_origen_q + \beta_7 D_destino_q + \beta_8 C_viajes_q + \beta_9 Miembro_v_q + \beta_{10} Vehículo_q + \varepsilon_q)$$

Donde:

$Prob(A_{j_q})$ es la probabilidad de que un individuo elija viajar por uno u otro modo de transporte;

$F(\cdot)$ es la función de distribución acumulada;

$Edad_q$ es la edad del individuo q al momento de la encuesta;

$Género_q$ identifica al sexo del individuo q . Esta variable toma el valor 1 si el individuo es hombre y 0 si es mujer;

Wh_q es el ingreso horario estimado para cada individuo;

T_espera_q mide el tiempo que debe esperar el individuo q para acceder al medio de transporte a utilizar;

T_viaje_q mide el tiempo que tarda el individuo q para llegar desde la parada de origen hasta su destino;

D_origen_q mide la distancia (en cuadras) que debe recorrer el individuo q para llegar a la parada de origen;

$D_destino_q$ mide la distancia (en cuadras) que debe recorrer el individuo q para llegar desde la parada de destino al lugar de trabajo;

C_viajes_q mide la cantidad de viajes que realiza por día el individuo q ;

$Miembro_v_q$ incorpora la cantidad de miembros que tiene el hogar al que pertenece el individuo q y que viajan;

$Vehículo_q$ se trata de una variable categórica que toma el valor 1 si el individuo q posee un auto, 2 si posee 2 vehículos, 3 si posee tres, 4 si posee 4 y 5 si posee 5 o más vehículos;

ε_q es el término de perturbación del modelo.

La constante (β_0) es normalmente interpretada como la influencia neta de todos los factores no observables o no explícitamente incluidos, ya sea del individuo o de la alternativa de transporte, que afectan la elección del medio de transporte a utilizar para concurrir al lugar de trabajo. Por ejemplo, podría incluir características como conveniencia o confort, que no resultan fáciles de medir u observar.

El término aleatorio ε_j reflejaría la idiosincrasia y los gustos particulares del individuo j , junto con cualquier error de medición o de observación no sistemático.

De acuerdo a la literatura relacionada con la modelización en la demanda de medios de transporte, los factores sociodemográficos que más influyen en la elección son la edad y el estado ocupacional. La muestra con la que se ha trabajado se ha condicionado a considerar sólo a los individuos que van al trabajo. Estos se suelen caracterizar por concentrarse en el tiempo (la hora

pico en los viajes al trabajo es el ejemplo más evidente) y por la relativa insensibilidad ante cambios en los costos temporales, monetarios, etc. ya que se trata de viajes que en cierto sentido son obligatorios²⁰.

Tal como se explicara anteriormente, en el modelo logit multinomial existe un problema de identificación de los parámetros de interés. Para solucionar esto se elige una de las alternativas por las que puede optar el individuo como referencia, y los resultados deben interpretarse como la reacción del individuo ante un cambio en la variable explicativa de interés del modo considerado con respecto al modo de referencia.

En esta primera aproximación a la estimación de modelos logit multinomial para la elección del medio de transporte en el Gran Mendoza se eligió como modo de referencia el ómnibus. Esta elección se debe a su mayor cobertura y a su masividad.

4.1. Aplicación empírica

Los resultados están indicados en el Cuadro 2. En la primera columna se observan los parámetros β_{jk} estimados, en la segunda se reportan los errores estándar de la estimación de cada coeficiente, en la tercera se indican los valores estadísticos de significatividad individual de los coeficientes²¹. Por último se indican los límites del intervalo de confianza entre los cuales se encuentra el verdadero valor del parámetro estimado.

El valor del logaritmo de la función de verosimilitud de la estimación indica un buen ajuste global del modelo. Este indicador puede complementarse con el R^2 de McFadden²².

4.2. Análisis de los resultados obtenidos en la estimación

En primer lugar, se observa la alta significatividad estadística de las variables explicativas seleccionadas para comprender la elección modal en el caso del automóvil particular respecto del ómnibus así como también el hecho de que presentan el signo esperado.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la probabilidad de utilizar el automóvil particular en lugar del ómnibus aumenta con la edad; es mayor en hombres en relación a las mujeres; aumenta con el ingreso, con los tiempos de viaje y de espera; es mayor mientras mayor sean las distancias que deban recorrerse para acceder al medio de transporte elegido; aumenta con la cantidad de viajes que deben realizarse, con la cantidad de miembros del hogar que viajan y depende positivamente de la cantidad de vehículos que haya en el hogar.

²⁰ BATES, J.J., Predicción de la demanda de viajes en DE RUS, Ginés y NASH, Chris, Desarrollos recientes en economía del transporte (Madrid, Ed. Civitas, 1998), pág. 41.

²¹ El estadístico z es un pseudo estadístico t debido a que solo se conoce la distribución asintótica del estadístico la cual está dada por la distribución normal estándar y no por la distribución *t-student* como en los modelos lineales bajo el supuesto de normalidad.

²² El R^2 de Mc Fadden es una medida de la bondad del ajuste. Es un índice de razones de verosimilitud computado como

$$LRI = \frac{\ln L}{\ln L_0} \text{ donde } \ln L_0 \text{ es el logaritmo de la función de verosimilitud restringida. Como su nombre lo sugiere, es análogo al } R^2 \text{ reportado en los modelos de regresión lineal y tiene la propiedad de estar entre 0 y 1.}$$

Cuadro 2

Multinomial logit regression

Number of obs. = 45.373

LR chi2(30) = 58.701,21

Prob > chi2 = 0,0000

Log likelihood = -8.352,72

Pseudo R2 = 0,7785

Modo	Coef.	Std. Err.	Z	P>z	95% Conf. Interval	
1						
Constante	-2,3767	0,1994	-11,920	0,000	-2,7674	-1,9859
Edad	0,0447	0,0038	11,712	0,000	0,0372	0,0522
Género	1,3098	0,0800	16,371	0,000	1,1530	1,4666
Ingreso	0,2489	0,0333	7,466	0,000	0,1836	0,3143
T_espera	1,2581	0,0215	58,477	0,000	1,2159	1,3003
T_viaje	0,0228	0,0033	6,895	0,000	0,0163	0,0292
D_Par_O	0,7209	0,0308	23,395	0,000	0,6605	0,7813
D_Par_D	0,5706	0,0277	20,573	0,000	0,5162	0,6249
C_viajes	0,2767	0,0293	9,435	0,000	0,2193	0,3342
Miembros_v	0,1259	0,0276	4,559	0,000	0,0718	0,1801
Vehículo	2,0373	0,0626	32,552	0,000	1,9146	2,1599
2						
Constante	-3,9923	0,1808	-22,075	0,000	-4,3468	-3,6379
Edad	0,0175	0,0028	6,245	0,000	0,0120	0,0230
Género	0,1306	0,0684	1,911	0,056	-0,0034	0,2646
Ingreso	0,0593	0,0293	2,022	0,043	0,0018	0,1168
T_espera	0,0217	0,0055	3,939	0,000	0,0109	0,0326
T_viaje	0,0574	0,0039	14,834	0,000	0,0498	0,0650
D_Par_O	-0,0838	0,0186	-4,520	0,000	-0,1201	-0,0474
D_Par_D	0,0392	0,0190	2,067	0,039	0,0020	0,0763
C_viajes	0,2324	0,0265	8,761	0,000	0,1804	0,2843
Miembros_v	0,0115	0,0257	0,449	0,653	-0,0387	0,0619
Vehículo	0,4548	0,0511	8,905	0,000	0,3547	0,5548
3						
Constante	1,0675	0,3080	3,466	0,001	0,4638	1,6712
Edad	-0,0011	0,0058	-0,193	0,847	-0,0126	0,0103
Género	-1,3010	0,1181	-11,017	0,000	-1,5324	-1,0695
Ingreso	0,3860	0,0504	7,662	0,000	0,2873	0,4847
T_espera	0,4456	0,0201	22,183	0,000	0,4062	0,4849
T_viaje	0,1256	0,0078	16,052	0,000	0,1103	0,1409
D_Par_O	1,2763	0,1046	12,197	0,000	1,0712	1,4814
D_Par_D	1,3198	0,1124	11,740	0,000	1,0995	1,5402
C_viajes	0,0308	0,0460	0,670	0,503	-0,0593	0,1209
Miembros_v	0,2679	0,0425	6,305	0,000	0,1847	0,3512
Vehículo	-0,5799	0,1057	-5,486	0,000	-0,7871	-0,3727

(Outcome modo=0 is the comparison group)

Nota: 0=ómnibus; 1=automóvil; 2=trolebús; 3=Taxi/remis

También resultan significativas la mayor parte de las variables utilizadas para explicar la sustitución entre los servicios públicos de transporte masivo. Los signos positivos estarían indicando una preferencia por el trolebús, en la zona Capital, en relación al ómnibus. Debe tenerse en cuenta, que la tarifa del trolebús, en el período bajo análisis, era inferior a la del ómnibus (\$0,50 y \$0,55 respectivamente).

Lo mismo ocurre cuando se compara el taxi/remis con el ómnibus. El signo negativo de la variable *género* indicaría una preferencia mayor, por usar este tipo de transporte en relación al ómnibus, en las mujeres que en los hombres, y el signo negativo de la variable *vehículo* indicaría que la probabilidad de utilizar taxi/remis disminuye con la cantidad de vehículos en el hogar.

4.3. Estimación de razones de probabilidad

Para evaluar los efectos de las variables explicativas sobre las variables independientes del modelo, resulta útil la cuantificación de los cambios en las decisiones de los individuos. Para ello se estiman las **razones de probabilidad**²³ que indican el cambio porcentual en la probabilidad de elección entre los distintos modos respecto del modo de referencia ante cambios marginales en las variables explicativas. En otras palabras, las razones de probabilidad se interpretan como semielasticidades de la probabilidad de elección ante modificaciones en las variables explicativas.

Los resultados obtenidos se detallan en el Cuadro 3. En la primera columna se reportan los valores de las razones de probabilidad, en la segunda, tercera y cuarta se explicitan los valores de los errores estándar asociados a éstas, los estadísticos de significatividad individual y en la última el intervalo de confianza.

Comparando el automóvil particular con el ómnibus como medios de transporte para concurrir al lugar de trabajo, se observa que un incremento marginal del ingreso incrementa la probabilidad de elegir el primer modo en 1,3. Por otro lado, una disminución marginal en el tiempo de espera o en el tiempo de viaje disminuiría la probabilidad de que los individuos opten por el auto en 3,5 y 1,0 respectivamente.

En lo concerniente al trolebús, un incremento marginal en la edad aumenta la probabilidad de utilizar este tipo de transporte respecto del ómnibus en 0,99, lo que estaría indicando que las personas de edad tienen una preferencia mayor por el trolebús en relación a los más jóvenes.

²³ La elección de las razones de probabilidad en detrimento de los efectos marginales discretos se basa en que los cambios discretos indican el cambio para un conjunto particular de variables independientes, y a diferentes niveles de esas variables los cambios son diferentes. Por otro lado, los efectos marginales adolecen de un problema de identificación debido a que ante cambios en las variables independientes no se puede identificar el cambio en la probabilidad por modo.

Cuadro 3

Multinomial logit regression

Number of obs. = 45.373

LR chi2(36) = 58.701,21

Prob > chi2 = 0,0000

Pseudo R2 = 0,7785

Log likelihood = -8.352,7155

Modo	RRR	Std. Err.	Z	P>z	95% Conf. Interval	
1						
Edad	1,0457	0,0040	11,712	0,000	1,0379	1,0536
Género	3,7054	0,2965	16,371	0,000	3,1676	4,3345
Ingreso	1,2827	0,0428	7,466	0,000	1,2015	1,3693
T_espera	3,5188	0,0757	58,477	0,000	3,3735	6,6703
T_viaje	1,0230	0,0034	6,895	0,000	1,0164	1,0297
D_Par_O	2,0562	0,0634	23,395	0,000	1,9357	2,1842
D_Par_D	1,7693	0,0491	20,573	0,000	0,6757	1,8681
C_viajes	1,3188	0,0387	9,435	0,000	1,2451	1,3969
Miembros_v	1,1342	0,0313	4,559	0,000	1,0744	1,1973
Vehículo	7,6696	0,4800	32,552	0,000	6,7842	8,6705
2						
Edad	1,0177	0,0029	6,245	0,000	1,0121	1,0233
Género	1,1396	0,0780	1,911	0,056	0,9966	1,3030
Ingreso	1,0611	0,0311	2,022	0,043	1,0018	1,1239
T_espera	1,0220	0,0056	3,939	0,000	1,0110	1,0331
T_viaje	1,0591	0,0041	14,834	0,000	1,0511	1,0672
D_Par_O	0,9196	0,0170	-4,520	0,000	0,8668	0,9537
D_Par_D	1,0400	0,0197	2,067	0,039	1,0020	1,0793
C_viajes	1,2616	0,0335	8,761	0,000	1,1977	1,3289
Miembros_v	1,0116	0,0260	0,449	0,653	0,9619	1,0638
Vehículo	1,5758	0,0805	8,905	0,000	1,4257	1,7417
3						
Edad	0,9989	0,0058	-0,193	0,847	0,9875	1,0104
Género	0,2723	0,0322	-11,017	0,000	0,2160	0,3432
Ingreso	1,4711	0,0741	7,662	0,000	1,3328	1,6237
T_espera	1,5614	0,0314	22,183	0,000	1,5010	1,6240
T_viaje	1,1338	0,0089	16,052	0,000	1,1166	1,1513
D_Par_O	3,5833	0,3750	12,197	0,000	2,9189	4,3990
D_Par_D	3,7428	0,4208	11,740	0,000	3,0027	4,6654
C_viajes	1,0313	0,0474	0,670	0,503	0,9424	1,1286
Miembros_v	1,3073	0,0556	6,305	0,000	1,2028	1,4208
Vehículo	0,5600	0,0592	-5,486	0,000	0,4552	0,6889

(Outcome modo=0 is the comparison group)

Nota: 0=ómnibus; 1=automóvil; 2=trolebús; 3=Taxi/remis

5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la estimación permiten afirmar que en el Gran Mendoza, en 1998, la población económicamente activa que concurre diariamente, durante las horas pico de la mañana, a sus lugares de trabajo localizados en la Capital de la Provincia muestra una preferencia mayor por el uso del auto particular, del trolebús y del taxi/remis en relación al ómnibus.

Numerosos trabajos en la literatura²⁴ han abordado el problema de la elección del auto como modo de transporte y han estimado elasticidades cruzadas, la mayoría de las cuales han arrojado valores bajos (inferiores al 0,1) especialmente cuando se analiza la relación del uso del vehículo privado y el precio de los otros medios de transporte. Estos valores suelen ser tan bajos que aún un transporte público gratuito producirá un pequeño cambio en la cantidad de viajes realizados en auto. Las causas que pueden explicar este fenómeno son varias.

El transporte público es menos flexible²⁵ ya que compite con un servicio puerta a puerta, con frecuencias y horarios totalmente adaptables a la necesidad de cada usuario.

Insume mayores tiempos de viaje (tiempo promedio para el Gran Mendoza en 1998: 22 minutos en ómnibus y 15 minutos en auto); requiere mayores tiempos de espera (tiempo promedio para el Gran Mendoza en 1998: ómnibus 11 minutos y nada en auto) y superiores tiempos de acceso. Los mayores tiempos implican superiores costos generalizados de viaje. La diferencia para el valor del tiempo, en 1998, fue en promedio de \$2 para cada viaje en ómnibus frente a \$1,1 en auto, bajo el supuesto de que el valor del tiempo de viaje, de espera y de acceso son iguales²⁶, este supuesto subestima el valor encontrado. En síntesis, quienes viajan en auto atribuyen más valor al ahorro de tiempo que al mayor costo que tienen que pagar.

En Mendoza el número de autos particulares *per cápita* era de 4,2 y la tasa de movilidad correspondiente a este modo (que muestra la relación viajes/habitantes/día) era de 0,33 en 1986 y de 0,63 en 1998. Está demostrado que a medida que hay más vehículos en un hogar el número de viajes de los miembros de la familia se incrementan²⁷.

Frecuentemente las exigencias por parte de las autoridades²⁸ de unidades de transporte público con mayor capacidad media para disminuir contaminación y de menor costo por pasajero transportado, para tener bajas tarifas, hace que se ofrezca un servicio muy básico de poca calidad e incapaz de desmotivar el uso del auto propio.

Según los autores de estos trabajos estas razones explican el escaso éxito de muchas políticas de transporte público (bajas de tarifas, aumentos de frecuencia, mejora en la calidad) que han pretendido desincentivar el uso del auto particular.

En relación a la preferencia del trolebús respecto del ómnibus que se evidencia en este estudio cabe recordar que la muestra con la que se trabaja abarca los movimientos en la zona servida por el trolebús.

²⁴ De RUS, Ginés, CAMPOS, Javier y NOMBELA, Gustavo, *Economía del Transporte* (España. Antoni Bosch, 2003) págs. 143/146.

²⁵ BUTTON, Keneth J., *Transport Economics*, 2da. Edition (Great Britain, Cambridge University Press, 1993), págs. 47/51.

²⁶ GINER, María Elena, *Valor del tiempo en transporte urbano*, en prensa, 2004. De hecho una estimación preliminar en este trabajo estima que el valor del tiempo de espera para una muestra de mendocinos era, en 1998, once veces superior al valor del tiempo de viaje.

²⁷ GINER, María Elena, *Los movimientos de la población y el transporte público*, en GINER, María Elena y otros (2003).

²⁸ THOMSON, Ian, *Una evaluación crítica de algunos aspectos del Desarrollo del sistema de Transporte Urbano* (Santiago de Chile, CEPAL, 1995).

Además debe tenerse en cuenta que en el período bajo estudio, la tarifa del ómnibus, para igual recorrido, era un 10% más cara que la del trolebús (\$0,55 contra \$0,50).

Por último, en la Encuesta Origen – Destino de 1998 se observa que el trolebús tiene menores tiempos promedio por viaje (16 minutos frente a 22 minutos en ómnibus; y de espera (9 minutos en trolebús frente a 11 minutos en ómnibus).

Como principal limitación debe señalarse que al disponerse solo de información sobre los costos monetarios del transporte público, no se pudieron incorporar, en esta etapa de la investigación, los precios relativos como variables explicativas de las decisiones de transporte, quedando esta tarea para una investigación futura.

BIBLIOGRAFÍA

- BATES, J.J., (1998), “Predicción de la demanda de viajes” en DE RUS, Ginés y NASH, Chris, *Desarrollos recientes en economía del transporte*, Madrid, Ed. Civitas.
- BUTTON, Keneth J., (1993), “Transport Economics”, 2da. Edition, Great Britain, Cambridge University Press.
- DE RUS, Ginés, CAMPOS, Javier y NOMBELA, Gustavo, (2003), “Economía del Transporte”, España. Antoni Bosch.
- DOMENCICH, T. A. and McFADDEN, D., (1975), “Urban Travel Demand: A Behavioural Analysis”, Amsterdam, North-Holland.
- GARCÍA, Pablo M, (2002), “A microeconomic approach to the determinants of travel mode choice”, *Anales de la Asociación Argentina de Economía Política*, Tucumán, Argentina.
- GINER, María Elena y Otros, (2003), “Transporte. Estructura de mercados y costos. Tópicos especiales”, Mendoza, Facultad de Ciencias Económicas – UNCuyo. ISBN 987-1024-26-6.
- GINER, María Elena, (2004), “Valor del tiempo en transporte urbano”, publicado resumen en *Resúmenes de Investigaciones*, XIX Jornadas de Investigación 2004, SECyT, Universidad Nacional de Cuyo, EDIUNC, Serie Documentos y Testimonios, Pág. 168.
- GREENE, William, (1999), “Análisis Económico”, 3ra. ed., Madrid, Prentice Hall.
- MOHAMMADIAN, Abolfazl and KANAROGLOU, Pavios S., (2003), “Applis of spatial multinomial logit model to transportation planning”, Conference paper, Session XXX, 10th International Conference on Travel Behaviour Research, Lucerne.
- McFADDEN, Daniel, (1975), “The Measurement of Urban Travel Demand”, Berkeley, California.
- ORTÚZAR, J. de D. and WILLUMSEN, L. G., (1998), “Modelling Transport”, 2nd ed., England, Ed. John Wiley & Sons.
- THOMSON, Ian, (1995), “Una evaluación crítica de algunos aspectos del Desarrollo del sistema de Transporte Urbano”, Santiago de Chile, CEPAL.
- WOOLDRIDGE, Jeffrey, “Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data”, Cambridge, The MIT Press.

Anexo A

Estadísticas básicas

1. De la Población económicamente Activa (PEA)

Frecuencia del traslado	Participación relativa
Diaria	61,1%
Periódica	12,3%
Ocasional	13,8%
NS/NR	12,8%

Modo de transporte	Participación relativa
Omnibus	28,7%
Trolebuses	0,8%
Taxi/Remis	0,8%
Auto particular	24,3%
Otros	45,4%
Total	100,0%

Motivo del viaje	Participación relativa
Trabajo	23,6%
Estudio	7,7%
Compras	4,1%
Servicios	1,0%
Regreso al hogar	36,8%
Saludos	1,3%
Otros	15,7%
NS/NR	9,8%

Horario	Participación relativa
Desde las 00 y hasta las 6:59	3,9%
Entre 7 hs. y 9 hs.	19,6%
Después de las 9 y hasta las 12:59	13,1%
Desde las 13 a las 14	11,3%
Después de las 14 y hasta las 17	13,1%
Después de las 17 y hasta las 20	13,0%
Desde las 20 hasta las 22	12,6%
Después de las 22 y hasta las 00	13,5%

Modo de transporte	Tiempo promedio de viaje	Tiempo promedio de espera
Omnibus	22,56	11,58
Trolebuses	16,69	9,56
Taxi/Remis	13,64	1,66
Auto particular	15,27	0,06
Otros	0,00	0,00
Total	0,00	0,00

2. De la Población Objetivo

Modo de transporte	Participación relativa
Omnibus	48,7%
Trolebuses	1,9%
Taxi/Remis	1,0%
Auto particular	38,4%
Otros	9,9%
Total	100,0%

Promedios ponderados

Modo de transporte	Edad	Género	Ingreso
Ómnibus	35,52	0,49	2,80
Trolebuses	38,39	0,54	3,18
Taxi/Remis	38,87	0,30	3,71
Auto particular	41,21	0,82	4,03

Promedios ponderados

Modo de transporte	Tiempo espera	Tiempo viaje	Distancia a la parada de origen	Distancia a la parada de Destino	Cantidad de viajes
Ómnibus	10,80	21,30	1,78	2,19	2,97
Trolebuses	9,58	14,33	2,06	1,82	3,31
Taxi/Remis	1,75	11,21	0,18	0,13	3,06
Auto particular	0,06	15,39	0,05	0,27	3,58

Modo de transporte	Cantidad de miembros que viajan	Cantidad de vehículos en el hogar
Ómnibus	2,02	0,50
Trolebuses	2,03	0,74
Taxi/Remis	2,07	0,65
Auto particular	2,19	1,39

Anexo B

Estimación de ingresos horarios

Los resultados obtenidos en la estimación de la Ecuaciones de Mincer, sobre la base de datos ponderados se detallan a continuación:

Cuadro B.1

Source	SS	df	MS	Number of obs = 1.178 F(3, 1.174) = 163,83 Prob > F= 0,00 R-squared = 0,29 Adj R-squared = 0,29 Root MSE = 0,64		
Model	202,40	3	67,47			
Residual	483,46	1.174	0,41			
Total	685,86	1.177	0,58			

	Coef.	Std. Err.	T	P> t	95% Conf.Interval]	
Constante	-0,274	0,074	-3,702	0,000	-0,420	-0,129
Edad	0,012	0,001	8,471	0,000	0,009	0,015
Educación	0,262	0,012	21,352	0,000	0,237	0,285
Género	0,189	0,039	4,826	0,000	0,112	0,266

La ecuación, a partir de la cual se obtienen los ingresos horarios queda entonces definida como:

$$\ln w = -0,274 + 0,012Edad + 0,262Educación + 0,189Género$$