



## **Estimación de la valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de viaje y espera en la Ciudad de Córdoba, Argentina**

**JUAN JOSÉ POMPILIO SARTORI**

*Departamento de Economía y Finanzas, Facultad de Ciencias Económicas  
Universidad Nacional de Córdoba  
jsartori@eco.unc.edu.ar*

**JORGE MAURICIO OVIEDO**

*Instituto de Economía y Finanzas, Facultad de Ciencias Económicas  
Universidad Nacional de Córdoba  
joviedo@eco.unc.edu.ar*

### **RESUMEN**

*El presente estudio utiliza una encuesta de preferencias declaradas para estimar un modelo de demanda logit multinomial de elección de modo de transporte para realizar viajes al trabajo. Los resultados han permitido estimar las valoraciones subjetivas de los ahorros de tiempo de viaje y tiempo de espera considerando viajes del hogar al trabajo en la Ciudad de Córdoba. Se ha comprobado que las mejoras de los tiempos de viaje y espera en los servicios de autobús urbano, que podrían efectivizarse a través de la implementación de carriles exclusivos para este modo de transporte, provocarían importantes incentivos al uso del autobús para viajar al trabajo y una disminución del uso de los modos de transporte privado (automóvil y motocicleta), lo que permitiría disminuir en algún grado la congestión vehicular existente en horas pico en la ciudad.*

Palabras clave: demanda de transporte, preferencias declaradas, logit multinomial, valor del tiempo

Clasificación JEL: C35, R41.

## **ABSTRACT**

*This study uses a stated preference survey to estimate a transport mode choice multinomial logit model for commuting trips. The results allowed the estimation of the subjective value of travel time and waiting time savings for commuting workers in Córdoba. It has been proved that improving bus travel time and waiting time, that could be achieved by implementing exclusive bus lanes, could entail significant incentives for bus use and for reducing car and motorcycle use for commuters and could reduce some of the current traffic congestion at rush hours.*

Keywords: transport demand, stated preferences, multinomial logit, value of time

JEL Classification: C35, R41.

## **I. INTRODUCCIÓN**

La estimación de la demanda juega un rol significativo en el diseño e implementación de políticas económicas en el sector transporte. El uso de modelos de elección discreta en la planificación urbana es una de las bases fundamentales para realizar un correcto diagnóstico de la situación y para generar predicciones que permitan conocer las consecuencias de diferentes medidas de política (entre ellas: medidas de regulación o desregulación, implementación de impuestos, diferentes formas de establecer tarifas para los modos de transporte público urbano, restricciones de entrada al mercado, el desarrollo de infraestructura de transporte y servicios, gestión del tránsito, etc.).

La actual preocupación mundial sobre el planeamiento de transporte urbano surge como consecuencia del alto nivel de congestión automovilística y la polución del aire asociados a la tenencia y uso de vehículos privados (autos y motocicletas). El planeamiento del transporte urbano intenta brindar una mejor movilidad a los habitantes, disminuyendo el uso de vehículos privados y fomentando la utilización del transporte público.

La elección del modo de transporte para realizar viajes al trabajo ha sido analizada en numerosos estudios de diferentes ciudades del mundo (por ejemplo Hensher, 2001; Hensher y Reyes, 2000; Rose y Hensher, 2004; Ben-Akiva Lerman, 1985; Brownstone y Small, 1989). Mediante la aplicación de modelos de elección discreta, tales como el modelo logit multinomial y otros modelos de valor extremo generalizado, o modelos probit, entre otros, es posible estimar la probabilidad de elección de diferentes modos de transporte

en función de las variables que forman parte del proceso de decisión del consumidor.

Las variables explicativas en la estimación de demanda pueden clasificarse en dos grupos: por una parte, variables representativas de las características socio-demográficas de los consumidores y por otra, variables asociadas con el viaje realizado o a realizar que están relacionadas con las características técnicas de los modos de transporte considerados. Entre las primeras, se pueden mencionar: género, edad, nivel educativo, categoría ocupacional. Las variables del segundo grupo, también llamadas variables de nivel de servicio, son: costos de transporte, tiempo de viaje, tiempo de espera, tiempos de acceso y distancia hasta la parada del transporte público, costos de estacionamiento (para modos de transporte privados) y características específicas de calidad de los modos de transporte. De estos modelos pueden obtenerse además, las tasas marginales de sustitución entre variables (o atributos que caracterizan a los modos de transporte), siendo el valor de los ahorros de tiempo de viaje y de tiempo de espera los más utilizados para diseñar políticas de transporte.

En el contexto de la evaluación social de proyectos de inversión, estos valores de los ahorros de tiempo forman parte de los beneficios sociales del proyecto de una mejora en el sistema de transporte urbano.

A partir de la demanda estimada de los diferentes modos de transporte puede pronosticarse la participación en el mercado de cada uno de ellos.

Asimismo, podrán predecirse los cambios en el uso de diferentes modos de transporte como resultado de políticas de transporte específicas, como por ejemplo la fijación de tarifas en los modos de transporte público, inversiones en infraestructura de transporte que pueden disminuir los tiempos de viaje, implementación de restricciones o prioridades de tránsito en diferentes rutas de la ciudad e incluso el establecimiento de tasas de congestión urbana (Newbery, 1994; Mohring, 1999, Prud'homme y Bocarejo, 2005, Mackie, 2005).

Por consiguiente, en el corto plazo, cambios en las variables que explican la decisión de usar un modo determinado de transporte disponible generará cambios en la probabilidad de uso de todos los modos de transporte disponibles.

Además, cambios en variables explicativas de la demanda de servicios de transporte público pueden generar incentivos para que los ciudadanos

incrementen o disminuyan el número de vehículos privados (automóviles y motocicletas) que poseen. Por lo tanto, cambios en las condiciones de los servicios de transporte también determinarán la decisión de tenencia de vehículos privados, posiblemente en un plazo más largo.

Así, por ejemplo, un incremento en las tarifas de transporte público relativo al costo de viaje en automóvil particular o un incremento en los tiempos de viaje (y/o tiempos de espera) en los modos de transporte público, considerando tiempos de viaje en automóvil constantes, puede generar en el corto plazo un aumento del uso de automóviles, considerando solo aquellas personas que poseen autos. Sin embargo, en un plazo más largo, esta política puede contribuir a la decisión de comprar el primer auto o motocicleta en un hogar que no lo posee, o la decisión de incrementar el número de autos o motocicletas propias, causando un impacto en la probabilidad de uso de los modos de transporte privado que será difícil de contrarrestar en el futuro.

Esta investigación resulta de importancia práctica en términos del desarrollo metodológico y la aplicación empírica, con la intención de proporcionar conocimientos para la aplicación de políticas de transporte público de corto plazo en la ciudad de Córdoba, una de las principales ciudades intermedias de Argentina, donde el problema de planeamiento de sistemas de transporte público (y en especial ómnibus) ha sido considerado como uno de los principales problemas sociales por resolver (Marconetti, 2008).

En los últimos años ha existido un notable incremento en el número de vehículos privados en Argentina, tanto de autos como de motocicletas. En la ciudad de Córdoba, las tarifas de los servicios de transporte por autobús, taxis y remis, se han incrementado sin mejorar sustancialmente la calidad de los servicios, particularmente los autobuses. Además, desde hace unos años existen buenas condiciones de financiamiento para la compra de automóviles y motocicletas, lo que reforzó el aumento en la posesión y uso de estos vehículos. Todo esto ha estado contribuyendo a incrementar los niveles de congestión del tránsito urbano y al uso de un sistema de transporte público ineficiente. La aplicación de políticas miopes, que no consideren los efectos que causan las variables que influyen en el uso de los servicios de transporte público y en la decisión de tenencia de vehículo privado puede causar un empeoramiento en las condiciones de movilidad urbana. Un reflejo de este argumento se evidencia en la ciudad de Córdoba, que ha experimentado una descentralización comercial y administrativa donde una red de autobuses con recorridos que atraviesan el centro urbano no satisface totalmente los deseos de viaje de

los habitantes en relación a la minimización de los tiempos de viaje y de los trasbordos, produciendo altos costos por pasajero que se reflejan también en tarifas más altas que las de otras ciudades argentinas y que disminuye la posibilidad de promover su uso y de esta manera contribuir a la descongestión del tránsito urbano. Además, el aumento de las tarifas de los servicios de taxi podría fomentar la compra y el uso de vehículos privados. La pérdida de pasajeros de transporte público, taxis y ómnibus, produce un incremento en los costos por pasajero transportado y de las tarifas, generándose así un círculo vicioso. Un aumento en las tarifas produce una caída en la cantidad de pasajeros que, con la misma oferta de servicios, provoca nuevas presiones para aumentos de tarifas y un incremento en el uso de vehículos privados. La situación detallada demuestra un alejamiento de las políticas aplicadas en la mayoría de las ciudades en las que la planificación del transporte promueve el uso de modos de transporte público.

En este trabajo, se estima la demanda de viajes al trabajo con datos obtenidos de una encuesta de preferencias declaradas que considera la elección del modo de transporte, sin considerar el efecto de cambios en las variables de nivel de servicio de los diferentes modos de transporte urbano sobre la tenencia de vehículo particular, análisis que podrá realizarse más adelante con la misma base de datos. La encuesta se realizó en los periodos de febrero-marzo y noviembre-diciembre del año 2011 a una muestra de trabajadores de la Ciudad de Córdoba (Argentina), ciudad que cuenta con 1,3 millones de habitantes aproximadamente.

El artículo está organizado de la siguiente manera. La sección 2 presenta los fundamentos teóricos básicos del modelo econométrico estimado. A continuación, la sección 3 presenta los fundamentos y la metodología aplicada en el diseño del experimento de elección de preferencias declaradas implementado. Posteriormente en la sección 4, se presentan los resultados de la estimación del modelo logit multinomial especificado, el cálculo de las valoraciones subjetivas de los ahorros de tiempo de viaje y de espera y un análisis de escenarios de políticas de transporte urbano que permite estimar las elasticidades de la demanda de corto plazo, relacionadas con los cambios en los niveles de servicio asociados a los escenarios propuestos. En la quinta sección se presentan los comentarios finales.

## II. MARCO TEÓRICO

Las encuestas de preferencias declaradas y los modelos de elección discreta basados en la teoría de la elección del consumidor son un instrumento fundamental para el análisis de la demanda. El punto fundamental que aparta a este paradigma de la teoría tradicional está relacionado con la idea de que la utilidad se deriva de las propiedades o características de los bienes en vez de hacerlo por los bienes en sí mismos. Este es el llamado “paradigma de la elección” que se encuentra subyacente en el análisis de elección discreta y que une la función de utilidad con los bienes y sus características objetivas (Louviere, Hensher y Swait, 2000).

El modelo económico teórico postulado para realizar las estimaciones y los pronósticos se basa en la teoría de la utilidad aleatoria, formalizada por Manski (1977). El supuesto básico del modelo de utilidad aleatoria es que un individuo actuando racionalmente puede comparar alternativas y elegir aquella que le reporta el máximo nivel de satisfacción o utilidad, es decir, el individuo elige la alternativa que maximiza su utilidad una vez que se confronta con el ejercicio de elección, dados los atributos de los bienes (modos de transporte, por ejemplo) considerados y sus propias características socio-económicas. El significado “aleatorio” de este modelo se utiliza debido a que en la modelación de las preferencias individuales (utilidades), el analista no posee información completa sobre los argumentos del proceso de decisión, así, una parte de la función de utilidad modelada es mensurable y otra no es directamente mensurable, es aleatoria.

Ortúzar y Willumsen (1994) afirman respecto a la descomposición de la utilidad ( $U$ ) y a la utilidad determinística ( $V$ ): “para que la descomposición sea correcta necesitamos una cierta homogeneidad en la población bajo estudio. En principio requeriremos que todos los individuos compartan (enfrenten o tengan disponible) el mismo conjunto de alternativas y las mismas restricciones, y para llegar a esto quizás sea necesario segmentar el mercado”. Sin embargo, otros autores han realizado estimaciones de demanda de transporte basados en la elección de modo de transporte que agrupan a individuos con diferentes conjuntos de elección disponibles en el contexto de la aplicación de experimentos de elección de preferencias declaradas (Rose y Hensher, 2004) o aplicando modelos de datos de panel que permiten estimar las preferencias de diferentes segmentos poblacionales con la misma muestra de la población total.

Por lo tanto, el individuo  $q$  elegirá la alternativa que le otorgue mayor utilidad que cualquier otra alternativa del conjunto de alternativas disponibles (incluida la alternativa de “no elección”<sup>1</sup>). Es decir:

$$V_{jq} = CEA_j + \sum \beta_{kj} x_{kjq}$$

La parte sistemática (o determinística) de la utilidad individual a menudo se supone como una función lineal aditiva en los atributos en la que los parámetros  $\beta$  se suponen constantes para todos los individuos pero pueden variar entre alternativas. La  $CEA$  es la denominada “constante específica de la alternativa” que representa la influencia neta de todas las características no observadas del individuo o de la alternativa en el modelo especificado, como son: comodidad y conveniencia de uso de un modo de transporte específico.

El individuo  $q$  elige la alternativa que maximiza su utilidad, es decir:

$$U_{jq} \geq U_{iq}$$

donde los subíndices  $i$  y  $j$  se refieren a las alternativas de elección disponibles, con

$$i=1,\dots,I \text{ e } i \neq j$$

Esto es,

$$V_{jq} + \varepsilon_{jq} \geq V_{iq} + \varepsilon_{iq}$$

$$V_{jq} - V_{iq} \geq \varepsilon_{iq} - \varepsilon_{jq}$$

Dado que el individuo elige la opción que maximiza su utilidad, se desconoce el valor del segundo miembro de la última desigualdad presentada y el procedimiento para determinar la probabilidad de elegir la alternativa  $j$  por el individuo  $q$  viene dado por:

$$P_{jq} = \text{Prob}(\varepsilon_{iq} - \varepsilon_{jq} \leq V_{jq} - V_{iq}, \forall i \in i=1,\dots,I; i \neq j)$$

Hasta aquí no es posible derivar una expresión analítica para el modelo sin conocer la distribución de los errores  $\varepsilon$ . Entonces, suponiendo que los

1. Por lo general se han estimado modelos de elección considerando un conjunto de alternativas determinadas, sin embargo, en los últimos años se ha incluido como una alternativa más que integra el conjunto de elección la denominada “alternativa de no elección” (Dhar, 1997; Haaijer, 1999; Dhar y Simonson, 2003).

errores asociados a cada alternativa tienen una distribución de Valor Extremo de Tipo I<sup>2</sup>, poseen las mismas varianzas y no están correlacionados, puede utilizarse el modelo logit multinomial para la estimación. Alternativamente, si los errores siguen una distribución de probabilidad normal debe aplicarse el modelo probit.

Numerosas aplicaciones en el campo del marketing, el transporte y la economía ambiental utilizan la especificación del modelo logit multinomial simple, que implica que se cumple el supuesto de independencia de las alternativas irrelevantes, la parte no observable de las utilidades se distribuyen de manera idéntica e independiente, no existe correlación serial en el modelo, posee factores de escala constantes para todas las alternativas que se normalizan arbitrariamente igualándolos al valor unitario y los parámetros a estimar son fijos, no aleatorios.

El modelo logit multinomial<sup>3</sup> puede expresarse como:

$$P_i = \frac{e^{\lambda U_i}}{\sum_{j=1}^n e^{\lambda U_j}}$$

donde:

$U_i$  es la función de utilidad de la alternativa  $i$ -ésima, que puede expresarse como:

$U_i = V_i + \varepsilon_i$  en la cual  $V_i$  es la parte determinística de la función de utilidad que usualmente se supone como una función lineal de variables explicativas de la demanda y  $\varepsilon_i$  es un término de error aleatorio relacionado a los efectos no observables.

$\lambda$  es el factor de escala o parámetro de precisión, que es una función inversa de la desviación estándar de los efectos no observables o errores del modelo  $\varepsilon_i$ . En este modelo,  $\lambda$  se supone igual a la unidad.

En el caso analizado aquí, la decisión de modo de transporte para viajar al trabajo considera cinco alternativas de transporte más una opción de “no-compra” o “no elección”, a saber: automóvil, motocicleta, taxi, autobús, autobús diferencial y la opción de no elección.

2. La función de distribución de valor extremo tipo I es la siguiente:  $\text{Prob}(\varepsilon_j \leq \varepsilon) = \exp(-\exp(-\varepsilon))$

3. McFadden (1974), presenta los fundamentos y propiedades econométricas de este modelo denominado originalmente Modelo Logit Condicional.



Los servicios de autobús diferencial son servicios de autobús de mayor calidad, con asientos más confortables, aire acondicionado, líneas con recorridos más directos al centro de la ciudad y con una tarifa que es el doble de la tarifa del autobús común. La opción de “no elección” incorpora al modelo la posibilidad de elegir otro modo de transporte diferente a los primeros cinco presentados, por ejemplo: realizar el viaje caminando o en bicicleta. Numerosos estudios han considerado sólo estructuras de decisión forzadas, por ejemplo, sin incorporar la opción de “no elección” en el proceso de decisión (Hensher, 1994, Fowkes y Wardman, 1988). Sin embargo, otros estudios reconocen la necesidad de proponer a los entrevistados la posibilidad de “no elección” (Dhar, 1997; Dhar y Simonson, 2003; Hensher, Rose y Greene, 2005). Una especificación del modelo que no incluya la opción de “no elección” restringe las posibilidades de elección y los resultados en términos de la bondad de las predicciones del modelo. Por esta razón, en este estudio se ha incluido en el experimento de elección la opción “Otro modo de transporte” como alternativa de “no elección”.

Asimismo, el modelo logit multinomial permite considerar diferentes conjuntos de elección para cada individuo entrevistado de manera de estimar un modelo como una función de los niveles de servicio de las alternativas y de las características socio-demográficas de los individuos entrevistados.

### **III. DISEÑO DEL EXPERIMENTO DE ELECCIÓN**

La experiencia internacional en el desarrollo de experimentos de elección de modo de transporte ha evolucionado desde la década de 1980, habiendo comenzado con diseños de encuestas que permitían estimar modelos logit multinomiales con dos o más alternativas de elección y en general, pocos escenarios de elección de manera de evitar el efecto fatiga de los entrevistados (Fowkes y Wardman, 1988, Hensher, et. al., 1988; Bradley y Daly, 1994). En los experimentos de elección, el entrevistado debe elegir la alternativa que considera que mejor refleja su demanda potencial. Este tipo de encuestas generalmente presentan de 9 a 12 escenarios de elección por encuestado para evitar el efecto fatiga del entrevistado que se presenta con un número mayor de escenarios de elección. Sin embargo, en algunas investigaciones se afirma que un mayor número de escenarios puede generar mejoras en las estimaciones de demanda sin generar los problemas de fatiga (Louviere, et. al. 2000). Los primeros estudios utilizaron experimentos ortogonales, aprovechando la propiedad de ausencia de correlación entre las

variables independientes (atributos), una característica que se juzgaba como un requerimiento para asegurar la bondad del diseño de la encuesta y que implica la ausencia de multicolinealidad en el modelo de demanda estimado a partir de las respuestas relevadas<sup>4</sup> (Bates, 1988; Fowkes y Wardman, 1988, Rose y Bliemer, 2004). En los inicios, la administración del cuestionario se realizaba con tarjetas, de manera de presentar cada escenario de manera independiente. Hoy en día, las encuestas de preferencias declaradas pueden realizarse vía internet o por medio de entrevistas asistidas con computadora portátil en donde los entrevistados declaran sus preferencias de manera independiente en cada escenario de elección que se presenta individualmente en la pantalla de la computadora.

También existe una tendencia a diseñar experimentos con un amplio número de escenarios de elección como consecuencia de considerar un mayor número de atributos como variables independientes en la especificación de demanda (Rose y Hensher, 2004).

Más aún, los denominados “diseños eficientes” producen errores mínimos alrededor de los parámetros a estimar, suponiendo valores previos de esos parámetros. La eficiencia de estos diseños viene dada por la minimización del error de estimación alrededor de los parámetros a estimar, suponiendo valores previos para ellos y considerando una especificación del modelo de elección discreta particular, usualmente un modelo logit multinomial. Al maximizar la función de máxima verosimilitud para una muestra determinada, es posible obtener los estimadores máximo verosímiles de un modelo de elección basado en un diseño particular. El procedimiento utiliza la matriz hessiana de derivadas segundas de la función de máxima verosimilitud con respecto a los parámetros a estimar, denominada matriz de información de Fisher, para calcular y minimizar la medida de error comparando diferentes diseños y eligiendo el más eficiente. La derivación analítica de la matriz de información de Fisher será diferente de acuerdo a las características de las alternativas de elección (genéricas o específicas) y al modelo econométrico que se intenta estimar.<sup>5</sup>

El propósito de los diseños eficientes es definir un conjunto de escenarios de elección dados ciertos valores previos de los parámetros a estimarse, de

---

4. Debe notarse sin embargo, que desde la década de 1980 se ha reconocido que resulta apropiada la existencia de alguna correlación entre los atributos de las alternativas consideradas (Fowkes y Wardman, 1988).

5. Diferentes derivaciones analíticas de la matriz de información de Fisher pueden encontrarse en McFadden (1974), Bliemer y Rose (2005), Rose y Bliemer (2005), Bliemer y Rose (2008).

manera de minimizar la medida del error alrededor del parámetro a estimar. La medida de error más utilizada para comparar diseños de elección y decidir cuál es el más eficiente es el denominado *D-error*:

$$D - error = (\det \Omega)^{\frac{1}{k}}$$

donde  $k$  es el número de parámetros a estimarse,  $\Omega(\beta/X) = -I[(\beta/X)]^{-1}$  es la matriz de varianza-covarianza asintótica de las estimaciones máximo-verosímiles  $\hat{\beta}$ ,  $I[(\beta/X)]$  es la matriz de información de Fisher,  $X$  es la matriz del diseño del experimento (Hensher, Rose y Greene, 2005; Rose y Bliemer, 2005).

Como resultado, a medida que el error de medición (*D-error*) es menor, más eficiente es el diseño. Los “valores previos” de los parámetros se obtienen generalmente de encuestas piloto o de estudios previos.

En esta investigación, el diseño del experimento de elección de modo de transporte consideró seis alternativas de elección: automóvil, motocicleta, taxi, autobús, autobús diferencial (un autobús de mayor calidad) y la opción de “no elección”. Los atributos considerados fueron: tiempo de viaje, costo de viaje, tiempo de espera para las alternativas de transporte público (taxi, autobús y autobús diferencial), costos de estacionamiento (para autos y motocicletas) y distancia de caminata en origen y destino (para ambos tipos de autobús). Todos los atributos se incorporaron como específicos para cada una de las alternativas.

La encuesta se realizó en dos etapas. En una primera etapa se realizó una encuesta de hogares donde se relevó información sobre el modo de viaje al trabajo de los trabajadores del hogar, complementado con variables socio-demográficas, por ejemplo: número de personas en el hogar, número de trabajadores en el hogar, número y tipo de vehículos de propiedad del hogar, disponibilidad de conexión a internet, direcciones de e-mail y número telefónico. La sección relacionada a los viajes realizados en la actualidad fue similar a una encuesta de origen y destino de viajes.

También se preguntó la disposición de los trabajadores del hogar a participar en el experimento de elección de preferencias declaradas por internet o por medio de una entrevista personal en el hogar asistida por computadora en el caso de no disponibilidad de conexión a internet o dirección de email.

Una vez que se relevaron las direcciones de e-mail, se enviaron correos electrónicos invitando a participar en la encuesta de preferencias declaradas por internet.

La Tabla 1 presenta los atributos y niveles utilizados en el diseño del experimento de elección.

Los niveles de los atributos se seleccionaron considerando las actuales condiciones experimentadas por la población de Córdoba. El rango de variación en los niveles de los atributos se diseñó considerando la experiencia de los entrevistados, tratando de expandir su rango de variación tanto como fuera posible sin perder realismo. En este sentido, además se produjeron cinco diseños de experimentos para viajes urbanos de diferentes distancias, a saber: 2,5 km; 5 km; 10 km; 15 km; 20 km y 25 km. Por lo tanto, los escenarios de elección presentados a cada uno de los entrevistados se corresponden con la distancia usual de viaje al trabajo del entrevistado. Cada entrevistado fue asignado a uno de los diseños de acuerdo al tiempo de viaje del hogar al trabajo reportado y a velocidades promedio de viaje supuestas según la evidencia existente en la Ciudad de Córdoba para el modo de transporte utilizado.

También se consideró específicamente la disponibilidad de alternativas de transporte que poseía cada entrevistado. La Tabla 2 muestra diferentes modelos de diseño derivados de la diferente disponibilidad de alternativas consideradas.

Como puede apreciarse, se consideró que existe total disponibilidad de los modos de transporte público. Aunque, en la realidad muchas personas no poseen una línea de autobús diferencial con recorrido cercano a su hogar, se consideró razonable pensar que en un futuro cercano podrán tener este servicio disponible dado que las autoridades de planificación del transporte urbano municipal podrían promover este servicio de comprobarse preferencias de los usuarios al uso del mismo. Adicionalmente, todos los ciudadanos conocen el tipo de servicio del que se trata dado que existen cinco líneas en operación en la actualidad. Por lo tanto, el diseño del experimento de elección considera todas las alternativas de transporte público como disponibles o potencialmente disponibles.

El diseño del experimento finalmente utilizado fue un diseño promedio de los cuatro modelos presentados en la Tabla 2, para cada una de las distancias de viaje consideradas.

**Tabla 1**  
**Niveles de los atributos del experimento de elección**

<b>Distancia de viaje del hogar al trabajo:</b>		<b>2,5 km</b>		<b>Costo de estacionamiento diario</b>	
Modo de Transporte	Tiempo de viaje (minutos)	Tiempo de espera (minutos)	Costo de viaje	Cuadras caminadas en origen y destino	Costo de estacionamiento diario
Automóvil	4	10	\$ 1,25	\$ 2,50	\$ 0 \$ 10 \$ 20
Motocicleta	6	10	\$ 0,50	\$ 1,00	\$ 0 \$ 5 \$ 10
Taxi	4	8	\$ 5,00	\$ 7,00 \$ 9,00	
Autobús	8	12	\$ 2,50	\$ 3,50 \$ 4,50	2 4 6
Diferencial	5	8	\$ 5,00	\$ 7,00 \$ 9,00	2 4 6

  

<b>Distancia de viaje del hogar al trabajo:</b>		<b>5 km</b>		<b>Costo de estacionamiento diario</b>	
Modo de transporte	Tiempo de viaje (minutos)	Tiempo de espera (minutos)	Costo de viaje	Cuadras caminadas en origen y destino	Costo de estacionamiento diario
Automóvil	8	12	\$ 2,50	\$ 4,00 \$ 5,00	\$ 0 \$ 10 \$ 20
Motocicleta	8	12	\$ 1,00	\$ 1,60 \$ 2,00	\$ 0 \$ 5 \$ 10
Taxi	8	12	\$ 10,00	\$ 14,00 \$ 18,00	
Autobús	12	18	\$ 2,50	\$ 3,50 \$ 4,50	2 4 6
Diferencial	12	18	\$ 5,00	\$ 7,00 \$ 9,00	2 4 6

  

<b>Distancia de viaje del hogar al trabajo:</b>		<b>10 km</b>		<b>Costo de estacionamiento diario</b>	
Modo de transporte	Tiempo de viaje (minutos)	Tiempo de espera (minutos)	Costo de viaje	Cuadras caminadas en origen y destino	Costo de estacionamiento diario
Automóvil	15	20	\$ 5,00	\$ 10,00	\$ 0 \$ 10 \$ 20
Motocicleta	15	20	\$ 2,00	\$ 4,00	\$ 0 \$ 5 \$ 10
Taxi	15	20	\$ 18,00	\$ 23,00 \$ 28,00	
Autobús	25	35	\$ 2,50	\$ 3,50 \$ 4,50	2 4 6
Diferencial	20	25	\$ 5,00	\$ 7,00 \$ 9,00	2 4 6

**Tabla 1**  
**Niveles de los atributos del experimento de elección (continuación)**

<b>Distancia de viaje del hogar al trabajo:</b>		<b>15 km</b>							
Modo de transporte	Tiempo de viaje (minutos)	Tiempo de espera (minutos)	Costo de viaje	Cuadras caminadas en origen y destino	Costo de estacionamiento diario				
Automóvil	20	25	30	\$ 7,50	\$ 15,00	\$ 0	\$ 10	\$ 20	
Motocicleta	20	25	30	\$ 3,00	\$ 6,00	\$ 0	\$ 5	\$ 10	
Taxi	20	25	30	\$ 30,00	\$ 35,00	\$ 40,00			
Autobús	35	45	60	10	20	30	2	4	6
Diferencial	30	38	45	5	10	15	2	4	6

  

<b>Distancia de viaje del hogar al trabajo:</b>		<b>20 km</b>							
Modo de transporte	Tiempo de viaje (minutos)	Tiempo de espera (minutos)	Costo de viaje	Cuadras caminadas en origen y destino	Costo de estacionamiento diario				
Automóvil	29	33	39	\$ 10,00	\$ 20,00	\$ 0	\$ 10	\$ 20	
Motocicleta	29	33	39	\$ 4,00	\$ 8,00	\$ 0	\$ 5	\$ 10	
Taxi	29	33	39	\$ 35,00	\$ 42,00	\$ 49,00			
Autobús	46	57	75	10	20	30	2	4	6
Diferencial	41	48	55	5	10	15	2	4	6

  

<b>Distancia de viaje del hogar al trabajo:</b>		<b>25 km</b>							
Modo de transporte	Tiempo de viaje (minutos)	Tiempo de espera (minutos)	Costo de viaje	Cuadras caminadas en origen y destino	Costo de estacionamiento diario				
Automóvil	35	40	45	\$ 12,50	\$ 25,00	\$ 0	\$ 10	\$ 20	
Motocicleta	35	40	45	\$ 5,00	\$ 10,00	\$ 0	\$ 5	\$ 10	
Taxi	35	40	45	\$ 42,00	\$ 50,00	\$ 58,00			
Autobús	56	68	88	10	20	30	2	4	6
Diferencial	50	58	68	5	10	15	2	4	6

**Tabla 2**  
**Diseños basados en la disponibilidad de alternativas**

Diseño	Alternativas de elección disponibles				
Modelo 1 Todas las alternativas disponibles (Con automóvil y motocicleta en el hogar)	Automóvil	Motocicleta	Taxi	Autobús	Autobús diferencial
Modelo 2 (Sin automóvil en el hogar)		Motocicleta	Taxi	Autobús	Autobús diferencial
Modelo 3 (Sin motocicleta en el hogar)	Automóvil		Taxi	Autobús	Autobús diferencial
Modelo 4 (Sin automóvil ni motocicleta en el hogar)			Taxi	Autobús	Autobús diferencial

Nota: El diseño final utilizado en la encuesta fue un modelo promedio de los cuatro modelos de este cuadro.

Algunos valores de los parámetros previos utilizados se estimaron de una encuesta piloto realizada en el año 2010 y otros valores previos se supusieron considerando valoraciones de los ahorros de tiempos de viaje y de espera resultantes en acuerdo a la experiencia internacional. Los valores previos considerados se presentan en la Tabla 3.

Las funciones de utilidad especificadas para el diseño del experimento de elección considerando parámetros específicos fueron:

$$U(\text{Auto}) = CEA_{\text{auto}} + B_{TV_{\text{auto}}} \cdot TV_{\text{auto}} + B_{CV_{\text{auto}}} \cdot CV_{\text{auto}} + B_{CE_{\text{auto}}} \cdot CE_{\text{auto}}$$

$$U(\text{Motocicleta}) = CEA_{\text{moto}} + B_{TV_{\text{moto}}} \cdot TV_{\text{moto}} + B_{CV_{\text{moto}}} \cdot CV_{\text{moto}} + B_{CE_{\text{moto}}} \cdot CE_{\text{moto}}$$

$$U(\text{Taxi}) = CEA_{\text{taxi}} + B_{TV_{\text{taxi}}} \cdot TV_{\text{taxi}} + B_{CV_{\text{taxi}}} \cdot CV_{\text{taxi}} + B_{TE_{\text{taxi}}} \cdot TE_{\text{taxi}}$$

$$U(\text{Autobús}) = CEA_{\text{bus}} + B_{TV_{\text{bus}}} \cdot TV_{\text{bus}} + B_{CV_{\text{bus}}} \cdot CV_{\text{bus}} + B_{TE_{\text{bus}}} \cdot TE_{\text{bus}} + B_{CC_{\text{bus}}} \cdot CC_{\text{bus}}$$

$$U(\text{Diferencial}) = CEA_{\text{dif}} + B_{TV_{\text{dif}}} \cdot TV_{\text{dif}} + B_{CV_{\text{dif}}} \cdot CV_{\text{dif}} + B_{TE_{\text{dif}}} \cdot TE_{\text{dif}} + B_{CC_{\text{dif}}} \cdot CC_{\text{dif}}$$

$$U(\text{NE}) = CEA_{\text{ne}}$$

Los parámetros denominados  $CEA$  se refieren a la constante específica de la alternativa considerada, los denominados  $B_{TV}$  son los parámetros asociados a la variable Tiempo de Viaje ( $TV$ ) de cada alternativa, los denominados  $B_{CV}$  están asociados a la variable Costo de Viaje ( $CV$ ) de cada alternativa, los

**Tabla 3**  
**Valores previos utilizados en el diseño del experimento**

Alternativa	Coefficiente	Valor previo	Alternativa	Coefficiente	Valor previo
<i>Auto</i>	$CEA_{auto}$	-0.43	<i>Motocicleta</i>	$CEA_{moto}$	-2.50
	$B_{TV_{auto}}$	-0.03		$B_{TV_{moto}}$	-0.03
	$B_{CV_{auto}}$	-0.05		$B_{CV_{moto}}$	-0.05
	$B_{CE_{auto}}$	-0.23		$B_{CE_{moto}}$	-0.23
<i>Taxi</i>	$CEA_{taxi}$	-1.50	<i>Autobús</i>	$CEA_{bus}$	0.00
	$B_{TV_{taxi}}$	-0.03		$B_{TV_{bus}}$	-0.02
	$B_{CV_{taxi}}$	-0.16		$B_{CV_{bus}}$	-0.44
	$B_{TE_{taxi}}$	-0.06		$B_{TE_{bus}}$	-0.06
		$B_{CC_{bus}}$		-0.17	
<i>Autobús diferencial</i>	$CEA_{dif}$	-2.77	<i>Otro modo (opción de no elección)</i>	$CEA_{ne}$	-3.51
	$B_{TV_{dif}}$	-0.01			
	$B_{CV_{dif}}$	-0.01			
	$B_{TE_{dif}}$	-0.02			
	$B_{CC_{dif}}$	-0.16			

Fuente: Elaboración propia en base a encuesta piloto.

denominados  $B_{CE}$  están asociados a la variable Costo de Estacionamiento ( $CE$ ), los denominados  $B_{TE}$  están asociados a la variable Tiempo de Espera ( $TE$ ) y los denominados  $B_{CC}$  a la variable Cuadras Caminadas en origen y destino ( $CC$ ).

El diseño muestral se efectuó en dos etapas basadas en los hogares, dividiendo la población en 74 zonas geográficas que se corresponden con las fracciones poblacionales del Censo de Población del año 2001, seleccionando aleatoriamente un radio censal de cada una de las fracciones y luego una manzana dentro del radio seleccionado. La selección de hogares a encuestar en cada manzana seleccionada se realizó por medio de muestreo sistemático, tratando de completar al menos una encuesta por cada manzana seleccionada.

Para interrelacionar las preferencias por tenencia de vehículo privado (automóvil o motocicleta) y las elecciones de modo de transporte para viajar al trabajo, se generó un modelo D-eficiente promedio (Choicemetrics, 2009; Rose, Scarpa y Bliemer, 2009) considerando los cuatro modelos descritos en la Tabla 2 y utilizando como ponderadores las participaciones muestrales de cada tipo de modelo a partir de los datos recopilados en la primera etapa



de la encuesta (encuesta en el hogar). De esta manera, resulta posible utilizar el mismo diseño para aquellas personas que realizan viajes al trabajo de la misma distancia y que poseen alguno de los vehículos privados considerados, ambos o ninguno. La principal razón para usar el diseño promedio es que permite relevar respuestas de elección de modo de transporte considerando la disponibilidad de vehículo y con el mismo diseño relevar respuestas sobre la preferencia de compra de vehículo privado como una reacción a cambios de los niveles de servicio de los modos de transporte.

Adicionalmente, en el diseño del experimento se ha chequeado la medida de *S-optimalidad* propuesta por Bliemer y Rose (2005), derivada del diseño del experimento. Con los valores de los parámetros previos especificados, las medidas  $S_p$  (con un 5% de nivel de significación) fueron siempre mayores que el mínimo tamaño muestral derivado de una muestra aleatoria exógenamente estratificada por lo que se restringió el número de niveles para algunos atributos y se amplió el rango de los niveles para minimizar el tamaño muestral mínimo teórico requerido para la estimación eficiente de los parámetros, dados los valores previos.

También se evaluaron los tamaños muestrales mínimos ( $S_p$ ) estimados para el diseño del modelo logit multinomial con coeficientes genéricos y como se esperaba, los tamaños muestrales mínimos ( $S_p$ ) se redujeron significativamente en relación al modelo con parámetros específicos, aunque nunca alcanzaron los tamaños mínimos para una muestra estratificada exógenamente. De todas maneras, finalmente se utilizó el modelo estimado con parámetros específicos dado que también permite estimar el modelo con parámetros genéricos.

La Figura 2 muestra un ejemplo de un escenario de elección presentado a un entrevistado que posee su trabajo a una distancia de 10 km de su hogar y posee automóvil y motocicleta disponible para viajar al trabajo. Si el trabajador entrevistado no tuviera disponible automóvil o motocicleta, entonces no se mostraba la columna correspondiente al modo de transporte no disponible.

Como puede verse en la Figura 2, cada escenario de elección primero presentó la pregunta sobre la elección de modo de transporte para viajar al trabajo mostrando las alternativas disponibles al entrevistado, instándolo a que elija el modo de transporte que usaría en un día sin lluvia o en un día con lluvia. El propósito de incluir esta doble pregunta está relacionado con la posibilidad de capturar cambios en la demanda para días de lluvia dado que en este caso la demanda de servicios de taxi aumenta y la oferta disminuye.

**Figura 2**  
**Escenario de elección para un viaje de 10 kms y un entrevistado con automóvil y transporte público disponibles**

(10-M1-B1) Encuesta de preferencia de transporte  
 Gracias por participar de esta encuesta! Con su colaboración, desde la Universidad Nacional de Córdoba, podremos realizar análisis de políticas de planificación del transporte urbano en la Ciudad de Córdoba (Argentina).

0%  100%

**Escenario de elección N° 1:**

Analice atentamente cada uno de los medios de transporte que aparecen para que Ud. viaje de su hogar al trabajo, suponga que los medios de transporte están DISPONIBLES y que las características presentadas son CIERTAS, luego elija el medio de transporte que usaría para ir a su trabajo.

	Automóvil	Motocicleta	Taxi o Remis	Colectivo Común	Colectivo Diferencial
Tiempo de Viaje	25 minutos	25 minutos	20 minutos	45 minutos	20 minutos
Costo de Viaje	\$ 10	\$ 4	\$ 28	\$ 2.50	\$ 9
Costo de Estacionamiento	\$ 10 por día	\$ 5 por día	---	---	---
Tiempo de Espera	---	---	10 minutos	20 minutos	5 minutos
Cuadras Caminadas en Origen más Destino	---	---	---	2 cuadras	4 cuadras

\* Seleccione el medio de transporte que usaría para ir a su trabajo:

	Automóvil particular (conductor).	Automóvil particular (acompañante).	Motocicleta.	Taxi o remis.	Colectivo Común.	Colectivo Diferencial.	Ninguno de los anteriores.
ELECCIÓN EN DÍA SIN LLUVIA	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ELECCIÓN EN DÍA CON LLUVIA	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Guardar cuestionario y regresar      << anterior      siguiente >>      [Salir y reiniciar el cuestionario]

A continuación se preguntó si la persona estaría dispuesta a comprar en los próximos seis meses un vehículo privado que no posee al momento de la encuesta, considerando sus niveles actuales de ingreso y los niveles de los atributos de esta alternativa no disponible en conjunto con los niveles de las alternativas disponibles. Es decir, con el mismo diseño experimental promedio se ha tratado de capturar la preferencia por el modo de viaje al trabajo condicionado por las alternativas disponibles y las preferencias por tenencia de vehículo privado relacionadas con los niveles de servicio de los modos de transporte.

Cabe señalar, que en este artículo se presentarán resultados relacionados a la decisión de viaje en días sin lluvia y considerando solo los modos de transporte disponibles, es decir, la decisión de elección de modo de transporte para viajar al trabajo directamente relacionada a la disponibilidad de vehículos actual del entrevistado, sin considerar preferencias por modos de transporte no disponibles.

Por otra parte, el diseño experimental consideró un total de 18 escenarios de elección divididos en tres bloques, de manera de presentar seis escenarios de elección a cada entrevistado.

El cuestionario fue diseñado usando la plataforma web de la Universidad Nacional de Córdoba, basada en el programa *Limesurvey*.

Se recolectaron un total de 227 encuestas de hogares a partir de las cuales se obtuvieron 112 encuestas de preferencias declaradas a trabajadores de esos hogares que respondieron seis escenarios de elección cada uno. En consecuencia, se obtuvieron 672 casos para la estimación. Considerando la estrategia utilizada de muestreo exógeno, este tamaño muestral permite admitir un error de muestreo para la probabilidad de uso de autobús<sup>6</sup> igual a 1,47% con un 95% de nivel de confianza.

Cabe señalar, que no pudieron realizarse encuestas en todas las fracciones poblacionales previstas, razón por la cual se unieron fracciones a los efectos de calcular los ponderadores que sirvieron para realizar pronósticos. Asimismo, se realizaron solo seis encuestas asistidas por computadora (con acceso móvil a internet 3G) en hogares que no poseían conexión de internet de banda ancha. Esta estrategia de relevamiento complementaria permitió realizar encuestas a personas analfabetas que de otro modo no hubieran integrado la muestra.

La distribución de frecuencias de la variable dependiente del modelo de elección se presenta en la Tabla 4 a continuación.

**Tabla 4**  
**Distribución de frecuencias de la variable dependiente**  
**de elección de modo de transporte**

Modo de Transporte		Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
1	Automóvil	177	26,34%
2	Motocicleta	100	14,88%
3	Taxi	43	6,40%
4	Autobús	193	28,72%
5	Autobús diferencial	107	15,92%
6	Otro modo	52	7,74%
Total		672	100,00%

6. Las participaciones porcentuales de los distintos modos de transporte para viajes al trabajo obtenidos de la encuesta de origen y destino del año 2000 fueron: automóvil (30.71%), motocicleta (5.06%), taxi (5.95%), autobús (34.22%) y otros modos (24.06%). En el año 2000 no funcionaban líneas del servicio de autobús diferencial.

#### IV. ESTIMACIÓN ECONÓMETRICA DE LA DEMANDA DE MODO DE TRANSPORTE PARA VIAJAR AL TRABAJO

La parte determinística de las funciones de utilidad lineal en los parámetros especificadas y estimadas del modelo logit multinomial son:

$$U(\text{Auto}) = CE_{A_{\text{Auto}}} + \beta_{TV} \cdot TV_{\text{auto}} + \beta_{CV} \cdot CV_{\text{auto}} + \beta_{CE\_a} \cdot CE_{\text{auto}} + \beta_{2.5} \cdot D_{2.5} + \beta_5 \cdot D_5 + \beta_{\text{activ}3} \cdot \text{Activ}3 + \beta_{\text{activ}4} \cdot \text{Activ}4 + \beta_{\text{activ}5} \cdot \text{Activ}5$$

$$U(\text{Moto}) = CE_{A_{\text{Moto}}} + \beta_{TV} \cdot TV_{\text{moto}} + \beta_{CV} \cdot CV_{\text{moto}} + \beta_{CE\_m} \cdot CE_{\text{moto}} + \beta_{2.5} \cdot D_{2.5} + \beta_5 \cdot D_5$$

$$U(\text{Taxi}) = CE_{A_{\text{Taxi}}} + \beta_{TV} \cdot TV_{\text{taxi}} + \beta_{TE} \cdot TE_{\text{taxi}} + \beta_{CV} \cdot CV_{\text{taxi}} + \beta_{2.5} \cdot D_{2.5} + \beta_5 \cdot D_5$$

$$U(\text{Autobús}) = CE_{A_{\text{Bus}}} + \beta_{TV} \cdot TV_{\text{bus}} + \beta_{TE} \cdot TE_{\text{bus}} + \beta_{CV} \cdot CV_{\text{bus}} + \beta_{CC} \cdot CC_{\text{bus}} + \beta_{2.5} \cdot D_{2.5} + \beta_5 \cdot D_5$$

$$U(\text{Dif}) = CE_{A_{\text{Dif}}} + \beta_{TV} \cdot TV_{\text{dif}} + \beta_{TE} \cdot TE_{\text{dif}} + \beta_{CV} \cdot CV_{\text{dif}} + \beta_{CC} \cdot CC_{\text{dif}} + \beta_{2.5} \cdot D_{2.5} + \beta_5 \cdot D_5$$

$$U(\text{Otro}) = CE_{A_{\text{NE}}}$$

Las variables explicativas del modelo se presentan a continuación;  $TV$ : tiempo de viaje;  $CV$ : costo de viaje;  $CE$ : costo de estacionamiento (diario);  $TE$ : tiempo de espera;  $CC$ : cuadras caminadas en origen y destino,  $D_{2.5}$ : variable ficticia que asume el valor 1 para viajes de 2,5 km desde el hogar al trabajo y el valor cero en otro caso;  $D_5$ : variable ficticia que asume el valor 1 para viajes de 5 km entre el hogar y el trabajo y el valor 0 en otro caso;  $\text{Activ}3$ : variable dummy que asume el valor 1 si el encuestado es jefe o gerente en empresa privada con empleados a cargo y cero si no lo es.  $\text{Activ}4$ : variable dummy que asume el valor 1 si el encuestado es dueño de empresa privada con 1 a 4 empleados a cargo y cero si no lo es.  $\text{Activ}5$ : variable dummy que asume el valor 1 si el encuestado es dueño de empresa privada con 5 a 20 empleados a cargo y cero si no lo es. La abreviatura  $Dif$  hace referencia al modo de transporte “autobús diferencial”.

Como puede apreciarse, los coeficientes asociados a las variables tiempo de viaje ( $\beta_{TV}$ ), tiempo de espera ( $\beta_{TE}$ ), costo de viaje ( $\beta_{CV}$ ), cuadras caminadas ( $\beta_{CC}$ ) y costo de estacionamiento ( $\beta_{CE}$ ) se estimaron como parámetros genéricos. Se espera que los signos de estos coeficientes estimados sean negativos, dado que aumentos de los tiempos de viaje, costos de viaje, cuadras caminadas o costos de estacionamiento generan una disminución de las utilidades derivadas del uso de los diferentes modos de transporte.

Además, se incluyeron cinco constantes específicas de las alternativas (CEA) a estimar, suponiendo una alternativa (autobús diferencial) con constante igual a cero a los fines de la identificación y estimación del modelo. Por lo tanto, el valor que asuman los valores estimados de estos coeficientes indicarán las preferencias que existen por cada uno de los modos de transporte en relación a aquél modo cuya constante es igual a cero, independientemente de los demás atributos que caracterizan a los modos de transporte.

Asimismo, los coeficientes asociados a las variables ficticias relacionadas a los viajes de 2,5 kms y 5 kms se consideraron como coeficientes genéricos de los cinco modos de transporte analizados, lo que permite introducir en el análisis las preferencias por el uso de los cinco modos de transporte analizados por parte de las personas que realizan viajes relativamente cortos. Se espera que el signo de estos coeficientes sea negativo una vez estimado el modelo, indicando que existe una mayor preferencia por el uso de otros modos de transporte diferentes a los cinco presentados, como por ejemplo: bicicleta o a pie.

Los coeficientes asociados a las tres categorías de actividad laboral de los encuestados considerados se incluyeron como específicos de la función de utilidad de automóvil, incorporando la estimación de preferencias diferenciadas por el uso de automóvil por parte de los individuos que pertenecieran a estas categorías de ocupación.

Asimismo, considerando que la estimación de demanda se basa en un experimento de preferencias declaradas y por lo tanto existen elecciones repetidas que podrían estar correlacionadas serialmente, el modelo se especificó como un modelo estático de componentes del error con un efecto aleatorio y se estimó como un modelo logit mixto a los fines de capturar la correlación intrínseca entre las elecciones realizadas por cada encuestado, dado que cada uno de los encuestados respondió a seis escenarios de elección. Se han adicionado términos de error aleatorio individuales específicos (normalizando la alternativa de no elección), de manera tal que la  $i$ -ésima función de utilidad es  $U_{int} = V_{int} + \varepsilon_{int}$ , donde la parte no observada de la utilidad de la alternativa  $i$ , para el individuo  $n$  y la situación de elección  $t$  se especificó como  $\varepsilon_{int} = \alpha_{in} + \varepsilon'_{int}$  con  $\alpha_{in} \sim N(0, \Sigma)$ , suponiendo además que los errores  $\varepsilon'_{int}$  son independientes en  $t$  (Brownstone y Train, 1998; Train, 2009; Bates y Terzis, 1997).

La estimación consideró la actual disponibilidad de vehículo privado de cada uno de los encuestados como una respuesta a los niveles de servicio de todos los modos de transporte considerados. Las alternativas de transporte

público (taxi, autobús y autobús diferencial) se consideraron disponibles para todos los consumidores, dado que el análisis de políticas de mejora de los servicios de transporte público puede incluir la ampliación de la cobertura red de servicios y en particular la del autobús diferencial. Asimismo, en la elección de uso de automóvil el entrevistado podía elegir usar el automóvil “como conductor” o como “acompañante”, situación que no se consideró diferente en las estimaciones del modelo.

La estimación se realizó especificando un modelo logit multinomial para la elección de modo de transporte y fue realizada con el software BIOGEME (Bierlaire, 2003 y 2009).

La Tabla 5 presenta los resultados de la estimación, en la cual puede apreciarse que todos los parámetros estimados poseen el signo esperado, los parámetros asociados a las variables de nivel de servicio poseen signo negativo y los asociados a las variables de nivel de actividad laboral signo positivo asociado al aumento de la probabilidad de uso de automóvil por parte de trabajadores de las categorías de ocupación incluidas (jefe o dueño con empleados a cargo). Todos los parámetros estimados son estadísticamente significativos con un 6% de nivel de significación. También, el coeficiente  $\sigma_{panel}$  es significativo, lo que indica que este modelo captura la correlación intrínseca entre las observaciones del mismo individuo.

A partir de estas estimaciones, puede calcularse la valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de viaje y espera de los usuarios para realizar viajes al trabajo.

Como es sabido, una manera de establecer la importancia relativa de los atributos en una estimación de demanda de elección discreta es calcular la valoración de un atributo en términos de otro atributo utilizado como numerario, tal como el precio o costo de la alternativa. Se trata de una tasa marginal de sustitución, expresada como:

$$TMgS_{km} = \frac{\partial X_{mj}}{\partial X_{kj}} = \frac{\partial P_j / \partial X_{kj}}{\partial P_j / \partial X_{mj}}$$

donde  $X_{mj}$ : es la variable precio de la alternativa  $j$  y  $X_{kj}$  es el atributo de interés, por ejemplo, el tiempo de viaje de la alternativa  $j$ . Con estas dos variables específicas consideradas, la  $TMgS$  presentada es el valor monetario

de los ahorros de tiempo de viaje. En este caso se trata de variables continuas, aunque el razonamiento puede extenderse a variables discretas. La expresión anterior está basada en la probabilidad de elección de una alternativa como la función de respuesta. Otras posibilidades de función de respuesta son las cuotas de mercado estimadas. Si la función de utilidad es lineal en los parámetros, la *TMG*S estimada será simplemente la razón de los parámetros estimados de las variables consideradas, permitiendo obtener directamente la valoración de los ahorros de tiempo de viaje y espera. Es decir, el valor de los ahorros de tiempo de viaje se obtiene como el cociente entre el parámetro estimado asociado a la variable tiempo de viaje y el parámetro estimado asociado a la variable costo del viaje (o tarifa). El valor de los ahorros de tiempo de espera se obtiene como el cociente entre el parámetro estimado asociado a la variable tiempo de espera y el parámetro estimado de la variable costo del viaje.

**Tabla 5**  
**Modelo logit multinomial de elección de modo de transporte.**  
**Modelo mixto de datos de panel para respuestas repetidas**

Nombre del parámetro	Valor del parámetro	Error estándar	Test t-student	p-valor	Error estándar robusto	Test t-student robusto	p-valor
$CEA_{auto}$	0,86	0,256	3,36	0,00	0,31	2,74	0,01
$CEA_{moto}$	1,46	0,297	4,90	0,00	0,42	3,47	0,00
$CEA_{taxi}$	-0,66	0,275	-2,41	0,02	0,29	-2,27	0,02
$CEA_{bus}$	0,78	0,180	4,31	0,00	0,24	3,29	0,00
$CEA_{dif}$	0,00	Fijo					
$CEA_{NE}$	-20,70	6,590	-3,14	0,00	5,64	-3,67	0,00
$\beta_{ce}$	-0,11	0,015	-7,51	0,00	0,02	-5,62	0,00
$\beta_{cv}$	-0,12	0,019	-6,37	0,00	0,02	-4,93	0,00
$\beta_{iv}$	-0,04	0,010	-4,05	0,00	0,01	-3,55	0,00
$\beta_{ie}$	-0,03	0,011	-2,60	0,01	0,01	-2,53	0,01
$\beta_{cc}$	-0,17	0,045	-3,68	0,00	0,04	-4,53	0,00
$\beta_{2\_5}$	-8,67	4,360	-1,99	0,05	3,69	-2,35	0,02
$\beta_5$	-8,85	4,870	-1,82	0,07	4,59	-1,93	0,05
$\beta_{activ3}$	4,75	2,480	1,91	0,06	1,36	3,50	0,00
$\beta_{activ4}$	4,23	2,300	1,83	0,07	0,51	8,35	0,00
$\beta_{activ5}$	1,94	0,804	2,42	0,02	0,96	2,02	0,04
$\sigma_{panel}$	9,92	3,280	3,03	0,00	2,92	3,40	0,00
Nro. de observaciones:		672			Log-verosimilitud inicial:		-1059,614
Rho-cuadrado:		0,371			Log- verosimilitud final:		-666,351
Rho-cuadrado ajustado:		0,356			Test de razón de verosimilitud:		786,527

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la valoración de los ahorros de tiempo de viaje y de espera (o *TMgS*) derivados de la estimación son:

- Valor subjetivo de los ahorros de tiempo de viaje: \$0,325/minuto (US\$ 0,078/minuto), que equivale a \$19,52/hora (US\$4,70/hora).
- Valor subjetivo de los ahorros de tiempo de espera: \$0,225/minuto (US\$ 0,054/minuto), que equivale a \$13,52/hora (US\$3,25/hora) .

Otros valores reportados en Chile por ejemplo, dan cuenta de un valor subjetivo de los ahorros de tiempo de viaje de US\$1,37/hora o US\$2,10/hora para estratos de población con niveles de ingresos medios y de US\$4,39/hora o US\$5,99/hora para estratos de población con niveles de ingresos altos (Jara-Díaz y Guevara, 2003; Munizaga et al., 2006, respectivamente) . Por otra parte, Hojman, Ortúzar y Rizzi (2004) han reportado un valor de los ahorros de tiempo de viaje para viajes urbanos de US\$3,69/hora.

En general, la experiencia internacional indica que el valor de los ahorros de tiempo de espera es de 2 o más veces el valor de los ahorros de tiempo de viaje, existiendo estudios en los que se ha estimado el valor de los ahorros de tiempo de espera como 4 veces el valor de los ahorros de tiempo de viaje (Wardman, 2004). En este caso, el valor de los ahorros de tiempo de espera ha resultado inferior al valor de los ahorros de tiempo de viaje, resultado que puede estar relacionado a la incertidumbre actual que enfrenta un usuario que debe esperar en la parada de los servicios de transporte urbano por autobús y autobús diferencial, habiéndole otorgado menor valoración al tiempo de espera en el experimento de preferencias declaradas. Es decir, los entrevistados podrían haber prestado menos atención a los cambios experimentados por el tiempo de espera al realizar su elección hipotética de modo de transporte para viajar al trabajo.

Adicionalmente se profundizó el estudio, mediante la estimación de un modelo logit mixto que incorporó heterogeneidad de las preferencias relacionadas con la variables tiempo de espera y tiempo de viaje, estimando un modelo logit multinomial mixto de parámetros aleatorios. Sin embargo, los resultados no permitieron comprobar la existencia de heterogeneidad de las preferencias con relación a los tiempos de viaje y espera.

A partir de la estimación realizada, se calcularon las cuotas de mercado (o probabilidades de elección) de cada uno de los modos de transporte aplicando el método de enumeración muestral ponderando cada respuesta



con la participación de los trabajadores de la zona geográfica en el total de la población de trabajadores. Esta ponderación se aplica para obtener pronósticos de acuerdo a la estrategia de diseño muestral empleada.

La Tabla 6 presenta los resultados para el escenario base y seis escenarios adicionales. Los escenarios de política analizados son:

- *Escenario base*, diseñado considerando los siguientes niveles de los atributos: una velocidad promedio de 30 km/h para viajes en automóvil, motocicleta y taxi que determinó los tiempos de viaje según la distancia recorrida; una velocidad promedio de 18 km/h para autobús y de 20 km/h para autobús diferencial; costos diarios de estacionamiento de automóvil y motocicleta de \$10; tiempos de espera para autobús, autobús diferencial y taxi de 10 minutos en promedio; una tarifa de autobús de \$2,50; una tarifa de autobús diferencial igual a \$5; costos de viaje en automóvil calculados como \$0,50 por kilómetro recorrido y de \$0,25 por kilómetro para viaje en motocicleta.
- *Escenario 1*: considera una disminución del 20% en los tiempos de viaje en autobús como consecuencia de un aumento de la velocidad promedio del 25%. Este escenario podría alcanzarse en la realidad mediante la implementación de vías o carriles exclusivos para autobuses, en el centro de la ciudad y en las principales zonas donde se produce congestión vehicular, de manera de asegurar el paso de los autobuses y el cumplimiento de los diagramas de operación de los servicios en las zonas de la ciudad más congestionadas.
- *Escenario 2*: presenta una situación en la que el costo de estacionamiento de automóvil aumenta un 30%.
- *Escenario 3*: considera que el tiempo de espera del servicio de autobús diferencial disminuye un 25%.
- *Escenario 4*: disminución del tiempo de espera de autobús en un 25%.
- *Escenario 5*: presenta una situación en la que el costo de viaje en autobús aumenta un 28%. Este es el incremento evidenciado en el mercado regulado de autobús desde que se relevó la encuesta que permitió estimar la demanda en este estudio.
- *Escenario 6*: supone un 50% de aumento en el costo de viaje en autobús diferencial.

Tabla 6  
 Pronósticos de cuota de mercado de los modos de transporte urbano  
 y cálculo de elasticidades de demanda en diferentes escenarios de política

Modo de transporte	Pronósticos de cuota de mercado						
	Escenario Base	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6
Automóvil	0,239	0,222	0,216	0,237	0,233	0,247	0,248
Motocicleta	0,161	0,157	0,164	0,160	0,160	0,162	0,162
Taxi/remis	0,029	0,027	0,031	0,028	0,028	0,030	0,030
Autobús	0,413	0,457	0,426	0,407	0,426	0,396	0,436
Autobús diferencial	0,159	0,137	0,163	0,167	0,153	0,166	0,124
Otro modo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Variación % prob. uso automóvil =		-7,37%	-9,66%	-0,95%	-2,48%	3,03%	3,69%
Variación % prob. uso motocicleta =		-2,39%	2,31%	-0,17%	-0,42%	0,50%	0,65%
Variación % prob. uso autobús =		10,89%	3,25%	-1,43%	3,24%	-4,02%	5,71%
Variación % prob. uso autobús diferencial =		-13,63%	2,47%	5,56%	-3,63%	4,57%	-22,01%
Variación % prob. uso Taxi =		-6,25%	7,12%	-1,29%	-3,49%	4,36%	5,10%
Elasticidad de la demanda de uso de automóvil		0,369	-0,322	0,038	0,099	0,108	0,074
Elasticidad de la demanda de uso de motocicleta		0,120	0,077	0,007	0,017	0,018	0,013
Elasticidad de la demanda de autobús (uso)		-0,545	0,108	0,057	-0,130	-0,143	0,114
Elasticidad de la demanda de autobús diferencial (uso)		0,681	0,082	-0,222	0,145	0,163	-0,440
Elasticidad de la demanda de taxi (uso)		0,313	0,237	0,052	0,139	0,156	0,102

Como puede apreciarse, del escenario 1 se deriva una elasticidad de la demanda de autobús ante una disminución de los tiempos de viaje en ese modo de transporte que posee un valor de  $-0,545$ , indicando que una disminución del 10% de los tiempos de viaje en autobús provocaría un aumento del 5,45% de la demanda de servicios de autobús para viajar al trabajo.

Asimismo, la elasticidad cruzada de la demanda de servicios de autobús diferencial es relativamente alta,  $0,681$ , indicando que una disminución del 10% de los tiempos de viaje en autobús provocaría una disminución de la demanda de servicios de autobús diferencial del 6,81%. Las elasticidades de la demanda de uso de automóvil y de uso de taxi son de  $0,369$  y  $0,313$ , respectivamente. La elasticidad de uso de motocicleta ante un cambio en los tiempos de viaje en autobús es igual a  $0,12$ , reflejando una menor sensibilidad de la demanda de motocicletas a los cambios de los tiempos de viaje en transporte por autobús.

Por otra parte, la elasticidad de la demanda de uso de automóvil ante cambios de los costos de estacionamiento de automóvil es de  $-0,322$ , según los resultados del escenario 2, reflejando que ante un aumento de los costos de estacionamiento de un 10% el uso de automóvil para viajar al trabajo disminuye un 3,22%. Asimismo, la baja elasticidad cruzada de la demanda de uso de motocicleta ante aumentos de los costos de estacionamiento de automóvil, igual a  $0,077$ , indica que el aumento de los costos de estacionamiento de automóvil en un 10% aumentaría el uso de motocicletas en un 0,77%, considerando que el costo de estacionamiento de motocicletas no cambia. Las elasticidades cruzadas de uso de autobús, autobús diferencial y taxi indican que como consecuencia de una política de aumento de los costos de estacionamiento de automóvil en un 10%, aumentaría el uso de autobús en un 1,08%; el uso de autobús diferencial en un 0,82% y el uso de taxi en un 2,37%.

El escenario 3 permite estimar las elasticidades de uso de los diferentes modos de transporte ante un cambio en los tiempos de espera de autobús diferencial. Por lo tanto, la elasticidad directa de la demanda de uso de autobús diferencial, igual a  $-0,222$ , indica que una mejora de las frecuencias del servicio diferencial que disminuyera los tiempos de espera promedio de este modo de transporte en un 10% provocaría un aumento de la demanda de uso de servicio diferencial igual a un 2,22%. Sin embargo, las elasticidades cruzadas de la demanda de uso de las otras alternativas de transporte para viajar al trabajo son menores a  $0,1$  indicando una baja sensibilidad de la demanda de cada uno de estos modos de transporte alternativos ante cambios en los tiempos de

espera del servicio de autobús diferencial. Adicionalmente, puede afirmarse que la sensibilidad de la demanda de uso de autobús ante cambios en los tiempos de espera de este modo de transporte es menor que la del autobús diferencial. De los resultados obtenidos en el escenario 4, se desprende que la elasticidad de la demanda de uso de autobús ante cambios en los tiempos de espera de ese modo de transporte es igual a  $-0,13$ . Las elasticidades cruzadas de la demanda de uso de automóvil y motocicleta son pequeñas mientras que las elasticidades cruzadas de la demanda de uso de taxi y autobús diferencial son un tanto superiores,  $0,145$  para el autobús diferencial y  $0,139$  para el taxi.

El escenario 5 permite estimar la elasticidad de la demanda de los diferentes modos de transporte ante cambios en las tarifas de autobús. La elasticidad precio de la demanda de autobús es igual a  $-0,143$ . La elasticidad precio cruzada de la demanda de automóvil con respecto al servicio de autobús es igual a  $0,108$  y la de motocicleta es de  $0,018$ . La elasticidad precio cruzada de la demanda de autobús diferencial es igual a  $0,163$  y la de taxi es igual a  $0,156$ .

Según los resultados de las elasticidades estimadas a partir del escenario 6 que supone un aumento de un 10% de la tarifa del transporte por autobús diferencial provocaría: una disminución de la demanda de este servicio en un 4,4%; un aumento de la demanda de autobús del 1,14%; un aumento de la demanda de taxis para viajar al trabajo de un 1,02% y aumentos de la demanda de automóvil y motocicleta que serían menores al 1%.

Resulta importante comentar aquí que, según la experiencia de otros estudios de demanda de automóviles (según tipología de automóvil) realizados con encuestas de preferencias declaradas, los modelos puros de preferencias declaradas pueden arrojar pronósticos no realistas en algunos casos. Para obtener pronósticos realistas de las cuotas de mercado de los modos de transporte analizados deben estimarse estos modelos de demanda integrando datos de preferencias declaradas con datos de preferencias reveladas (como el realizado por Dissanayake y Morikawa, 2010). Sin embargo, se acepta que los estudios de preferencias declaradas pueden utilizarse para obtener la valoración subjetiva de los atributos de los modos de transporte considerados y para analizar las preferencias y obtener estimaciones de elasticidades de demanda en el contexto del análisis de escenarios como el aquí presentado.

## V. COMENTARIOS FINALES

En este artículo se ha especificado un modelo de elección discreta logit multinomial utilizando una encuesta de preferencias declaradas realizada a una muestra de trabajadores de la ciudad de Córdoba. Además, se realizó la estimación considerando un modelo de componentes del error para incorporar la correlación serial existente debido a las respuestas repetidas que realiza un mismo encuestado, que en esta oportunidad debió responder a seis escenarios de elección.

La demanda estimada permitió obtener parámetros genéricos significativos para las variables de nivel de servicio incluidas en las funciones de utilidad (tiempo de viaje, costo de viaje, tiempo de espera, cuadras caminadas en origen y destino y costos de estacionamiento) y para las variables ficticias relacionadas con la distancia del hogar al trabajo. En la función de utilidad de automóvil particular se incluyeron parámetros específicos relacionados a tres categorías de actividad laboral.

Como resultado de la estimación de demanda realizada se han calculado las valoraciones subjetivas de los ahorros de tiempo de viaje y de tiempo de espera, en el contexto de los viajes al trabajo. Estas valoraciones se utilizan en la evaluación económica de proyectos o políticas regulatorias y de infraestructura de transporte urbano. Los valores obtenidos han sido: el valor de los ahorros de tiempo de viaje resultó igual a \$19,52/hora y el valor de los ahorros de tiempo de espera resultó igual a \$13,52/hora. Se han presentado además, las valoraciones obtenidas en algunos estudios de Chile, de los que puede afirmarse que los valores estimados aquí están en línea con los de esos estudios anteriores. Estas valoraciones subjetivas pueden utilizarse en el contexto de análisis de la evaluación social de proyectos de inversión o políticas de transporte urbano para la Ciudad de Córdoba, para valorar monetariamente los beneficios por ahorros de tiempo de viaje y espera de políticas de inversión en infraestructura urbana o de políticas de transporte y tránsito urbano que logren disminuciones de los tiempos de viaje y espera de los diferentes modos de transporte.

Adicionalmente se realizó un análisis de escenarios de política seguido del cálculo de las elasticidades de demanda de cada uno de los modos de transporte ante cambios en determinados niveles de las variables de nivel de servicio. Se presentaron seis escenarios de política a partir de los cuales se han podido extraer los siguientes resultados:

-Aumentos de la velocidad promedio de los autobuses del orden del 20%, que podrían conseguirse implementando obras de infraestructura urbana de bajo costo, como son los carriles exclusivos para autobuses. Según los resultados obtenidos, en el corto plazo disminuiría el número de viajes al trabajo en los modos de transporte privado (7,37% en automóvil y 2,39% en motocicleta) y aumentaría el uso del autobús en un 10,89%. Si, como se ha supuesto en el análisis de escenarios realizado, la política de implementación de carriles exclusivos beneficiara la operación del autobús únicamente, entonces también disminuiría la demanda de los servicios de transporte por autobús diferencial en un 13,63% y de taxi en un 6,25%, para viajar al trabajo. Cabe señalar, que la disminución resultante de los tiempos de viaje en autobús (del 25%) podría generar además una disminución de los deseos de compra de automóvil y motocicleta, aunque en esta oportunidad no se han modelado dichas decisiones.

-Un 30% de aumento de los costos de estacionamiento diario de los automóviles provocaría una disminución del uso de automóviles para viajar al trabajo del orden del 9,66% y del 2,31% en el uso de motocicletas, un aumento del uso del autobús del 3,25%, un aumento del uso del autobús diferencial del 2,47% y un aumento del uso del taxi del 7,12%.

-Un 25% de disminución de los tiempos de espera promedio derivada de una mejora en las frecuencias de operación de los autobuses diferenciales provocaría un 5,56% de aumento en el uso de este modo de transporte y disminuciones de menor magnitud en el uso de los demás modos de transporte.

-Un 25% de disminución de los tiempos de espera de los autobuses provocaría un 3,24% de aumento en el uso de los autobuses, una disminución del uso del automóvil del 2,48%, una disminución del uso de motocicleta del 0,42%, una disminución del uso de autobús diferencial del 3,63% y del 3,49% del servicio de taxi.

-Un 28% de aumento de las tarifas de autobús implicaría un aumento del uso de automóvil de un 3,03% y de un 0,50% del uso de motocicletas para viajar al trabajo. El uso del autobús diferencial aumentaría en un 4,57% y el uso de taxi en un 4,36%. La elasticidad precio de la demanda de autobús se estimó con un valor de -0,143, y la disminución del uso de autobús como resultado de este aumento de tarifas sería de un 4,02%.

-Si aumentara la tarifa del autobús diferencial en un 50%, la demanda de viajes en este servicio disminuiría un 22,01%, la demanda de viajes en

autobús aumentaría en un 5,71%, la demanda de viajes al trabajo en automóvil aumentaría un 3,69%, en motocicleta se incrementaría en un 0,65% y la demanda de viajes al trabajo en taxi aumentaría un 5,10%. Según el modelo estimado, la elasticidad precio de la demanda de autobús diferencial es superior a la de autobús, con un valor estimado de -0,44.

Como resultado, si el objetivo de las políticas de transporte urbano es mejorar la movilidad urbana y disminuir la congestión del tránsito promoviendo el uso de los modos de transporte público, no resultará suficiente con mantener el “status quo” que significaría aumentar la oferta de servicios a medida que crece la población urbana. Reconociendo que no hay posibilidad de ampliar la red de calles y avenidas en el corto plazo, resulta apropiado y necesario mejorar los niveles de servicio de los modos de transporte público en relación a los modos de transporte privado de manera de generar los incentivos apropiados para aumentar la demanda de uso del transporte público.

Se ha comprobado que las mejoras de los tiempos de viaje y espera en los servicios de autobús urbano, que podrían efectivizarse a través de la implementación de carriles exclusivos para este modo de transporte, provocarían importantes incentivos al uso del autobús para viajar al trabajo y una disminución del uso de los modos de transporte privado (automóvil y motocicleta), lo que permitiría disminuir en algún grado la congestión vehicular existente en horas pico en la ciudad.

## VI. REFERENCIAS

- Bates, J. (1980). “Econometric Issues in stated preference analysis”. *Journal of Transport Economics and Policy*, January.
- Bates, J. J. y Terzis G. (1997). “Stated Preference and the "Ecological Fallacy"”, PTRC European Transport Forum, Transportation Planning Methods, vol. II.
- Ben-Akiva, M. y Lerman S. (1985). *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*. MIT Press.
- Bierlaire, M. (2003). “BIOGEME: A free package for the estimation of discrete choice models”, Proceedings of the 3rd Swiss Transportation Research Conference, Ascona, Switzerland.
- Bierlaire, M. (2009). “Estimation of discrete choice models with BIOGEME 1.8”. Disponible en <http://transp-or2.epfl.ch/biogeme/doc/tutorial.pdf> .

- Bliemer, M. y Rose J. M. (2005). "Efficient designs for alternative specific choice experiments". Working Paper ITLS-WP-05-04. Institute of Transport Studies. The University of Sydney.
- Bradley, M. y Daly A. (1994). "Use of the logit scaling approach to test for rank-order and fatigue effects in stated preference data". *Transportation*, vol. 21, n. 2, pp. 167-184.
- Brownstone, D. y Train K. (1998). "Forecasting new product penetration with flexible substitution patterns". *Journal of Econometrics*, vol. 89, n. 1-2, pp. 109-129.
- ChoiceMetrics (2009). "ChoiceMetrics 2009, Ngene 1.0 User manual and reference guide. The cutting edge in experimental design".
- Dhar, R. (1997). "Consumer Preference for a No-Choice Option". *The Journal of Consumer Research*, Vol. 24, n. 2, pp. 215-231.
- Dhar, R. y Simonson I. (2003). "The Effect of Forced Choice on Choice". *Journal of Marketing Research*, Vol. 40, n.2, pp. 146-160.
- Dissanayake, D. y Morikawa T. (2010). "Investigating household vehicle ownership, mode choice and trip sharing decisions using a combined revealed preference/stated preference Nested Logit model: case study in Bangkok Metropolitan Region". *Journal of Transport Geography*, Vol. 18, pp. 402-410.
- Fowkes A. y Wardman M. (1998). "The design of stated preference travel choice experiments: with special reference to interpersonal taste variations". *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 22, n. 1.
- Haaijer, M. (1999). *Modeling conjoint choice experiments with the probit model*. The Netherlands: Labyrinth Publications.
- Hensher D., Barnard P. y Truong T. (1988). "The role of stated preference methods in studies of travel choice". *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 22, n. 1.
- Hensher, D. (1994). "Stated preference analysis of travel choices: the state of practice". *Transportation*, Vol. 21: pp.107-133. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Hensher, D. y Reyes A. (2000). "Trip chaining as a barrier to the propensity to use public transport". *Transportation*, Vol. 27, pp. 341-361. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Hensher, D. (2001). "The valuation of commuter travel time savings for car drivers: evaluating alternative model specifications", *Transportation*, Vol. 28, pp. 101-118.



- Hensher, D., Rose J. y Greene W. (2005). *Applied Choice Analysis. A Primer*. Cambridge University Press. Cambridge. UK.
- Hojman, P., Ortúzar J. y Rizzi L. (2004). "Internet-Based Surveys to Elicit the Value of Risk Reductions", Proceedings of the 7th International Conference on Travel Survey Methods, Los Sueños, Costa Rica.
- Jara-Díaz, S. y Guevara C. (2003). "Behind the Subjective Value of Travel Time Savings. The perception of Work, Leisure, and Travel from a Joint Mode Choice Activity Model", *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 37, n. 1, 29-46.
- Louviere, J., Hensher D. y Swait J. (2000). *Stated Choice Methods. Analysis and Application*. Ed. Cambridge University Press.
- Mackie, P. (2005). "The London congestion charge: A tentative economic appraisal. A comment on the paper by Prud'homme and Bocarejo". *Transport Policy*, Vol. 12, n. 3, pp. 288-290.
- Marconetti, D. (2008). "Limpieza, tránsito y transporte con mala nota". *La Voz del Interior*, 7 de diciembre.
- McFadden, D. (1974). *Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behaviour*, *Frontiers of Econometrics*, Zarembka, P. (ed.), Academic Press, New York, pp. 105-142.
- Mohring, H. (1999). "Congestion". En *Essays in Transportation Economics and Policy. A Handbook in honor of John R. Meyer*, Chapter 6. José Gómez-Ibáñez, William B. Tye y Clifford Winston, eds. The Brookings Institution.
- Newbery, D. (2003). "Pricing and congestion: economic principles relevant to pricing roads". En *Cost-Benefit Analysis*, Capítulo 13; Layard, R. y Glaister, S. eds., Cambridge University Press.
- Prud'homme, R. y Bocarejo J. (2005). "The London congestion charge: a tentative economic appraisal". *Transport Policy*, vol. 12, n. 3, pp. 279-287.
- Rose, J. M., Scarpa R. y Bliemer M. (2009). "Incorporating model uncertainty into the generation of efficient stated choice experiments: A model averaging approach", International Choice Modelling Conference, Yorkshire U.K.
- Rose, J. M. y Bliemer M. (2004). "The design of stated choice experiments: The State of Practice and Future Challenges". Working Paper ITS-WP-04-09. Institute of Transport Studies. University of Sydney y Monash University.
- Rose J. M. y Hensher D. (2004). "Handling individual specific availability of alternatives in stated choice experiments". Seventh International Conference on Travel Survey Methods. Costa Rica.

- Rose J. M. y Bliemer M. (2009). "Constructing Efficient Choice Experiments". Working Paper ITLS-WP-05-07, 2005. Institute of Transport Studies. University of Sydney.
- Train, K. (2009). *Discrete Choice Methods with Simulation*, Cambridge University Press.
- Wardman, M. (2004). Public transport values of time. *Transport Policy*, vol. 11, n. 4, pp. 363-377.