

encuentros

Documentos sobre desarrollo y cultura Laboratorio de Investigación e Innovación en Cultura y Desarrollo (L+iD)

Vol. 2, N°13-noviembre de 2017

La demanda por transporte público en Colombia

Daniel Toro González

Aarón Espinosa Espinosa

Instituto de Estudios para el Desarrollo –iDe-
Universidad Tecnológica de Bolívar

Víctor Cantillo Maza*

Dpto. de Ingeniería Civil y Ambiental
Universidad del Norte

dtoro@utb.edu.co

aespinosa@utb.edu.co

victor.cantillo@uninorte.edu.co

* Los autores son, respectivamente, profesor titular y decano, y profesor asociado de la Facultad de Economía y Negocios, e integrantes del Instituto de Estudios para el Desarrollo (iDe) de la Universidad Tecnológica de Bolívar (Cartagena). Cantillo Maza es profesor titular de la Universidad del Norte, Barranquilla. Los autores agradecen el apoyo y los comentarios de Diego Silva, Andrey Zaikin, Javier Pérez, Fabio Rueda y Vidhura Tennekoon.

La serie de documentos de trabajo **encuentros** es una publicación del Laboratorio de Investigación e Innovación en Cultura y Desarrollo (L+iD) y del Instituto de Estudios para el Desarrollo (iDe) de la Universidad Tecnológica de Bolívar (UTB) que tiene por objeto contribuir a la reflexión sobre las múltiples relaciones entre desarrollo y cultura, integrando los resultados de los esfuerzos investigativos y de reflexión que enriquecen la comprensión sobre cómo aporta la cultura a los procesos de desarrollo y bienestar de las sociedades actuales.

ISSN

2539-3502

Rector UTB

Jaime Bernal Villegas

Vicerrector Académico

Haroldo Calvo Stevenson

Editor

Aarón Espinosa Espinosa
aespinosa@utb.edu.co

Asesor editorial

Augusto Otero Herazo
augusto.otero@gmail.com

Diseño

Rubén Egea Amador
rube.egea@gmail.com

Comité editorial

Gemma Carbó Ribugent y Alfons Martinell Sempere (Universitat de Girona, España)
Daniel Toro González, Juan Camilo Oliveros (Universidad Tecnológica de Bolívar, Colombia)
Germán Rey Beltrán y Luis Fernando Aguado (Pontificia Universidad Javeriana, Colombia)
Alessandro Mancuso (Universidad de Palermo, Italia)
Elisabetta Lazzaro (University of the Arts Utrecht, Holanda)

Laboratorio de Investigación e Innovación en Cultura y Desarrollo, L+iD®

Nodo Cartagena
Campus Casa Lemaitre
Carrera 21 #25-92, barrio Manga
Cartagena de Indias, Colombia

Resumen. El conocimiento detallado de la demanda por transporte público es indispensable en la planeación de las ciudades. El presente estudio analiza la demanda por transporte público en Colombia para el periodo 2000-2010. Para tal objeto, se utiliza información agregada por ciudad, tipo de vehículo y nivel de servicio. Partiendo de un modelo de utilidad individual con base en el cual se observan las preferencias reveladas, la estrategia de modelación permite identificar los parámetros agregados de demanda y obtener la elasticidad de la demanda respecto a determinantes como la tarifa, el nivel de ingreso, la frecuencia y la velocidad. Los resultados del ejercicio señalan que la demanda por transporte público en Colombia es inelástica a la tarifa y responde positivamente a cambios en la velocidad promedio de la ruta y la frecuencia. Los resultados del trabajo permiten caracterizar el transporte público en Colombia como un bien inferior.

Palabras Clave: Estimación de demanda, Colombia, transporte público.

Abstract. Knowledge of the demand for public transport is highly regarded in urban planning. This document presents an exercise of demand estimation for public transportation in Colombia for the period 2000-2010. The demand model is implemented using aggregate information by city, type of vehicle and service level. Departing from an individual utility model based we identify the revealed preferences of the consumers. The modelling strategy allowed us to identify the aggregate parameters of the demand and to estimate the elasticities with respect to variables such as tariff, income, speed and frequency. The results highlight the inelasticity with respect to the tariff and the positive relation of the demand with respect to speed and frequency. Results also point out the characterization of the demand for public transport as an inferior good.

Key Words: Demand estimation, Colombia, Public Transportation

JEL: R41, L11, L91.

I. Introducción

El transporte público es un servicio indispensable para la calidad de vida en las ciudades modernas. No es posible potenciar el bienestar de los habitantes de las urbes actuales sin tener resueltos sus problemas de movilidad. Hoy, la mayoría de la gente que trabaja y estudia en las ciudades colombianas usa diferentes sistemas de transporte público: taxis, buses, busetas y microbuses, por mencionar algunos que funcionan dentro de la legalidad. Por definición, la eficiencia y cobertura del sistema de transporte afectan la productividad urbana y la generación riqueza, e incluso, la distribución de los ingresos. Adicionalmente, un sistema de transporte organizado y eficiente puede generar notorias externalidades positivas mediante la organización del espacio público, el amueblamiento urbano, entre otros (Bocarejo, et al., 2009), (de Rus, Campos, & Nombela, 2003), (Small & Winston, The Demand for Transportation: Models and Applications, 1999), (Small & Verhoef, The Economics of Urban Transportation, 2007), (Peñaloza, 2005), (Glaeser, 2011), (Graham, 2007) y (Venables, 2007).

A pesar de los múltiples beneficios de contar con un eficiente sistema público de transporte de pasajeros, las ciudades colombianas han padecido durante años los problemas generados por esquemas que favorecen la sobreoferta de vehículos con bajas velocidades de desplazamiento, mala calidad del servicio y el caos vehicular. Por una parte, el esquema de remuneración utilizado tradicionalmente -en el que los pagos de los conductores dependen del número de pasajeros que recogen- llevaron a la llamada “guerra del centavo”. Por la otra, los esquemas de funcionamiento de las empresas de transporte urbano incentivan el exceso de oferta de vehículos en operación, lo que reduce la rentabilidad por vehículo y genera bajos niveles de mantenimiento, escasa reposición de vehículos y, por ende, el envejecimiento de la flota.

Los citados problemas estaban presentes en los sistemas de transporte urbano colombianos durante casi todo el siglo XX. En algunas ciudades no pocos han sido superados, pero en otras el panorama ha empeorado por la aparición de modos de transporte informales que generan considerables externalidades negativas. La aparición de sistemas de transporte de buses con carriles exclusivos, fórmula implementada inicialmente en Bogotá, ha marcado una nueva etapa en el transporte urbano de pasajeros en el país. Este tipo de sistemas es ampliamente conocido en el mundo y son frecuentemente denominados como *Bus Rapid Transit* (BRT). Ante la exitosa experiencia de la capital colombiana con el sistema de transporte denominado Transmilenio, el Gobierno Nacional decidió implementar este tipo de proyecto en otras ciudades del país. Hacia mediados de 2013 ya estaban en operación total o parcial seis de los siete sistemas propuestos para los principales centros urbanos colombianos.

Entre los años noventa y la fecha señalada se pusieron en marcha en Colombia los Sistemas Integrados de Transporte Masivo (SITM): Transmilenio en Bogotá, Megabús en Pereira, Metrocali en la capital del Valle del Cauca, Metroplus en Medellín, Transmetro en Barranquilla, Metrolínea en Bucaramanga y Transcaribe en Cartagena, el de más reciente funcionamiento. Sin embargo, la implementación de estos sistemas no ha estado exenta de dificultades derivadas de problemas financieros y de la calidad del servicio percibido por los usuarios.

Aunque es posible identificar el beneficio obtenido en las ciudades donde han sido implementados los SITM, la mayor parte de las capitales colombianas espera soluciones a los problemas de movilidad. El presente trabajo tiene como objetivo identificar los parámetros que gobiernan la demanda por transporte público en Colombia. Como resultado de este ejercicio se podrán calcular las elasticidades para conocer de qué manera y en qué magnitud reacciona la demanda a determinantes como la tarifa, los ingresos y la velocidad. De esta forma, se podrá analizar cómo cambia el consumo de distintos tipos y niveles de transporte público formal ante cambios en las variables descritas. Para ello, se usa la Encuesta de Transporte Urbano de Pasajeros –ETUP– del DANE, que hasta ahora no ha sido utilizada en ejercicios de modelación de demanda.

II. Revisión de la literatura

A escala internacional existen diversos trabajos sobre el análisis de sistemas de transporte público urbano de pasajeros. La mayoría aborda el estudio del sector usando técnicas derivadas del análisis microeconómico y se basan principalmente en los aportes del economista Daniel McFadden. La mayoría de las investigaciones sobre transporte público procuran realizar estimaciones de demanda para obtener valores estimados de elasticidad en el consumo del servicio. Entre ellos Baum (1973), Johnson (1976), Frankena (1978), de Rus (1990), de Jong y Gunn (2001) y Bento, *et al.* (2005).

También con base en la estimación de la demanda por transporte público, Baum propone la implementación de un sistema de transporte público gratuito en Alemania (Baum, 1973). Por su parte, Dajani *et al.* examinan de manera muy detallada la relación costo-beneficio de un sistema de transporte masivo en Atlanta, y la posibilidad de implementar un sistema de transporte masivo subsidiado con efectos redistributivos para favorecer a los grupos más pobres de la población (Dajani, Egan, & McElroy, 1975). Williams presenta un modelo de producción en el cual se validan empíricamente los problemas relacionados con la provisión de transporte público en Estados Unidos, en especial, analiza los déficit operativos de las empresas de transporte público (Williams, 1979). Finalmente, Bento, *et al.* presentan un análisis sobre cómo el impacto de la estructura urbana afecta tanto la propiedad vehicular como la distancia recorrida por los vehículos de transporte público (Bento, Cropper, Mushfiq, & Vinha, 2005).

La investigación conducida por Owm *et al.* (1992) revisa evidencia empírica de estimación de demanda por transporte tanto de pasajeros como de carga durante los años 80, usando los dos enfoques de evaluación de demanda estimables: marshalliana (no compensada) y hicksiana (compensada). Los autores resaltan la imposibilidad del cálculo de la demanda compensada en el caso del transporte de pasajeros, ya que esta demanda depende del nivel de utilidad de los consumidores, una característica no observable. Los autores señalan diferencias frente al transporte de carga que sí es observable puesto que representa un problema de producción.

Para Owm *et al.* los estudios no suelen identificar si las elasticidades calculadas corresponden a la elasticidad ordinaria, derivada de las marshallianas, o a la elasticidad compensada que se obtiene de la demanda hicksiana (Oum, Waters II, & Yong, 1992). Nuestro análisis se basa en la utilidad de los consumidores, en consecuencia, se calcularán las elasticidades derivadas de la estimación de la demanda marshalliana.

En Colombia se han realizado diversos estudios orientados a analizar la demanda por transporte público con un enfoque principalmente macroeconómico. En la década de los sesenta, Paul Roberts y David Kresge publicaron en la revista *The American Economic Review* un ejercicio de simulación de la demanda de transporte con base en un modelo macroeconómico. Su objetivo fue explorar la relación existente entre una economía subdesarrollada y su sistema de transporte, y resaltaron la importancia de las inversiones en este sector sobre el crecimiento del PIB (Roberts & Kresge, 1968).

En la misma línea, Tobón y Galvis presentan un análisis descriptivo del sector transporte en Colombia. Los autores muestran el comportamiento procíclico entre el PIB nacional y el consumo privado de transporte, y también la inexistencia de complementariedad entre el transporte público tradicional y los sistemas de transporte masivo (Tobón & Galvis, 2009). Ese mismo año Bocarejo *et al.* proyectan al año 2040 el grado de desarrollo del sector, en especial, del transporte público urbano de pasajeros, y resaltan las estrategias de largo plazo que favorecen el crecimiento económico del país (Bocarejo, et al., 2009). En general, ambos trabajos ofrecen una perspectiva macroeconómica del sector y su desempeño, pasado, presente y futuro. Este enfoque contrasta notablemente con el análisis microeconómico que predomina en los estudios internacionales del transporte.

Otros estudios en Colombia se han orientado al análisis de regiones y ciudades. En particular, los estudios regionales reflejan la preocupación por el incremento del uso de modos de transporte informales. Uno de estos, de autoría de Escobar, señala que “el transporte colectivo urbano [...] ha sufrido un doble fenómeno: incremento de las flotas, con clara disminución de la ocupación media de los autobuses, y de [...] vehículos tipo buseta y microbús” (Escobar García, 2008), fenómeno que parece ser el común denominador en no pocas ciudades intermedias colombianas.

En los análisis de ciudades, Posada y González presentan una metodología de estudio para identificar la demanda de transporte público de pasajeros en rutas de transporte rurales en el municipio antioqueño de Guarnea (Posada & y González, 2010). Los autores señalan que para el caso estudiado “existe un déficit en las frecuencias de servicio del transporte formal haciendo que los usuarios usen el informal, siendo esta demanda insatisfecha aproximadamente el 15% de la demanda total (sic)”. En el caso de Cartagena, Toro y otros autores (2005) analizaron las preferencias por transporte público en la ciudad e identifican la disponibilidad, velocidad y tarifa como los factores más relevantes en la selección del modo de transporte (Toro-González, Alvis, & Arellano, 2005).

Estudios sobre transporte público urbano de pasajeros en las principales ciudades del país han surgido a la par de la iniciativa del Gobierno Nacional de implementar SITM similares al Transmilenio bogotano. La implementación de los sistemas de transporte masivos requirió de estudios de tráfico y

de flujo de pasajeros realizados en su mayoría por el Departamento Nacional de Planeación (DNP) y publicados como documentos Conpes¹

Adicionalmente, se debe resaltar la existencia de otros estudios orientados a estudiar facetas críticas del transporte público, en particular, de modos de transporte informales como el mototaxismo (Sánchez Jabba, 2011). Sin embargo, no se hallan estudios que analicen la demanda nacional de transporte público formal urbano en Colombia.

¹ Se recomienda la revisión de literatura presentada en (Toro-González, Alvis and Arellano 2005) para mayor detalle).

III. Modelos de estimación de demanda

Se cuentan diversas estrategias de modelación para analizar la demanda por transporte. Wardman presenta una revisión del desarrollo de los modelos en transporte y detalla los resultados obtenidos de los estudios respecto al valor del tiempo (Wardman, *The Value of Travel Time: A Review of British Evidence*, 1998).

Barff *et.al.*, por su parte, plantea que el análisis del comportamiento de los consumidores de modos de transporte lo motiva el alto costo de los sistemas de transporte basados en automóviles. Lo autos tienen alto consumo de combustible, generan daños ecológicos y pérdidas de tiempo debido a la congestión. El documento de Barff revisa los modelos comportamiento en la elección del tipo de transporte urbano y diferencia entre modelos agregados y desagregados (Barff, Mackay, & Olshavsky, 1982). Este rasgo señalado por los autores es pertinente para Colombia, donde es evidente la diferencia de ingresos entre usuarios del sistema público de transporte y propietarios de autos particulares.

Otra estrategia extendida para analizar el comportamiento del consumidor, en especial cuando demanda transporte público, se da con el uso de modelos de elección discreta, tipo *logit*, los cuales permiten estimar parámetros de sustitución entre bienes o servicios (Steckel & Vanhonacker, 1988); y (Ashiabor, Baik, & Trani, 2007). En el caso de Ashiabor *et. al.*, autores que estudian la demanda por transporte entre ciudades de EE.UU., utilizan modelos anidados y mixtos para predecir las participaciones de mercado de automóviles y transporte aéreo.

El uso de los modelos de elección discreta es amplio; Viton los usa con el fin de determinar el ingreso o aparición de nuevas empresas de transporte en sistemas urbanos. El modelo de Viton representa una ciudad circular con un área residencial y otra comercial, y simula la demanda con transportadores que maximizan beneficios (Viton, 1982). Por su parte, Wardman orienta su trabajo a identificar el método preferido de predicción del impacto de cambios en calidad en la demanda por viajes férreos entre ciudades (Wardman, *Forecasting the Impact of Service Quality Changes on the Demand for Inter-Urban Rail Travel*, 1994).

Para el presente estudio se ha escogido el uso de modelos de elección discreta agregados a fin de explicar la participación de mercado y hechos relacionados; a estimación de demanda se realiza en presencia de variables no observables, metodología desarrollada inicialmente por Berry (1994) y aplicada con éxito en el análisis de participaciones de empresas en el mercado, por ejemplo, automóviles (Berry S. T., 1994) y cereal (Nevo, *Measuring Market Power in the Ready-to-Eat Cereal*

Industry, 2001). Estas metodologías han sido abordadas de manera muy clara por (Nevo, A practitioner's Guide to Estimation of Random Coefficients Logit Models of Demand, 2000), (Train, 2002) y (Rasmusen, 2007), facilitando su aplicación.

A. Modelo para Colombia

La presente sección se basa en esencia en los aportes de Berry (1994), quien propuso una estrategia de identificación de parámetros de la demanda en presencia de variables no observables, que puede usarse en contextos como el nuestro donde se presenta con mayor facilidad la condición de exogeneidad de las tarifas (precios), las cuales son determinadas por el Estado. Esta metodología no ha sido utilizada en el análisis de modelos de transporte en Colombia a pesar de su fácil uso, amplia utilidad y buen ajuste conceptual al problema de estimación. No obstante, como se mostrará más adelante, se incluyó el uso de variables instrumentales con el fin de controlar por la posible endogeneidad del precio.

Asumiendo que la utilidad del consumidor i derivada de la opción de transporte j^2 depende tanto de las características del servicio como de las del consumidor tenemos que:

$$U(x_j, \xi_j, p_j, v_i; \theta_i), \quad (1)$$

donde x_j representa las características observables de los distintos modos de transporte, ξ_j representa otras características del modo de transporte seleccionados no observables por el investigador, p_j los precios o tarifa de cada modo de transporte determinados de manera exógena por los gobiernos locales, y θ representa los parámetros de la demanda. El término v_i captura elementos específicos de cada consumidor que no son observables para el investigador. El método usado en la estimación requiere supuestos paramétricos sobre las preferencias específicas de los consumidores.

Nos enfocaremos en una especificación simple de la función de utilidad con coeficientes constantes. En esta especificación, la función de utilidad indirecta del consumidor i por el modo j esta dada por:

$$u_{ij} = x_j\beta - \alpha p_j + \xi_j + \epsilon_{ij} \quad (2)$$

² Cada opción de movilización en transporte público que resulta de la combinación entre tipos y niveles de transporte que son específicos para cada área metropolitana o ciudad y año.

Nótese que los parámetros β y α están representados como constantes entre consumidores. El término ξ_j puede ser interpretado como el promedio de la valoración de los consumidores por las características no observables del modo de transporte tales como la calidad, mientras que ϵ_{ij} representa la distribución de las preferencias o gustos de los consumidores respecto a la media.

Denotamos el nivel de utilidad media del modo de transporte j como:

$$\delta_j = x_j\beta - \alpha p_j + \xi_j \quad (3)$$

Es común en los modelos *logit* y *probit* tradicionales asumir que la variación en los gustos de los consumidores sea incluida sólo mediante el término aditivo ϵ_{ij} , que es asumido como idéntica e independientemente distribuido (iid) entre consumidores y opciones, en este caso, modos de transporte.

B. Tamaño del mercado y el bien externo

La medida del número de consumidores en un mercado es representada por M . En el presente ejercicio este parámetro se determina como proporción del tamaño de la población. Entonces, la demanda potencial de transporte público está dada por:

$$q_j = Ms_j(\mathbf{x}, \boldsymbol{\xi}, \mathbf{p}, \boldsymbol{\theta}) \quad (4)$$

Donde cada consumidor realiza un viaje en el modo de transporte que le genera la máxima utilidad. Esto significa que, condicionando la participación en el mercado (s) en las características (\mathbf{x} , $\boldsymbol{\xi}$) y los precios \mathbf{p} , el consumidor i decide cuál modo de transporte j usa.

Adicionalmente a los modos de transporte en competencia $j = 1, \dots, N$, se asume la existencia de un modo externo $j = 0$ que recoge todas las otras opciones de transporte diferentes a las categorías formales de transporte público urbano de pasajeros incluidas en el análisis. Los consumidores pueden escoger entre viajar en el modo externo como alternativa a la elección de un modo de transporte “interno”.

La diferencia consiste en que el precio del modo externo no responde a los precios de los modos internos. En ausencia de un modo externo, los consumidores se verían forzados a escoger uno de los modos internos, por lo que la demanda dependería sólo de las diferencias en precios. Por modos internos entenderemos en el presente ejercicio todas las opciones formales de transporte público de

pasajeros, mientras que el modo externo se define como un modo compuesto por una variedad de opciones, formales e informales, de las cuales no se tiene información en la base de datos, como por ejemplo moto-taxis, colectivos, automóviles particulares, entre otros.

La presencia de un bien externo con una participación de mercado s_0 significa que las observaciones relacionadas a la oferta de viajes de las N rutas (q_1, \dots, q_N) no son suficientes para calcular la participación de mercado (s_j) de las $N + 1$ alternativas. Sin embargo, si el tamaño total del mercado es observable, entonces s_j puede ser calculado de manera sencilla como $s_j = q_j/M$.

Por ejemplo, en el caso del mercado de automóviles (Berry, Levinsohn, & Pakes, 1995) determinan el tamaño de mercado igual al número de hogares en la economía, mientras que Nevo (2001) usa la población total para el caso del mercado de cereales. Cuando existe información para diferentes mercados, como en el presente caso, M puede ser determinado como dependiente de datos agregados (como la población) que varía entre mercados y que afecta el nivel agregado de producción (e.g. Berry, 1990). Para el presente trabajo asumiremos que M es observado y representa una demanda potencial equivalente a toda la población de cada ciudad y área metropolitana que realiza dos viajes al día.

C. Estimación del nivel de utilidad media

El modelo de elección discreta usado en el presente trabajo es completamente tradicional. Se diferencia del representado por Berry (1994) en que la presencia de ξ_j implica normalmente resolver un difícil problema de endogeneidad dado que las características no observables de los productos se encuentran relacionadas con el precio del bien. Sin embargo, este no es el caso del presente análisis. Dado que los precios son determinados de manera exógena por los gobiernos locales de cada ciudad, no hay relación entre los precios y las características no observables de cada modo de transporte.

Siguiendo el planteamiento de Berry (1994) se pueden representar las participaciones de mercado como funciones de solamente de los niveles de utilidad media:

$$s_j = s_j(\boldsymbol{\delta})(j = 1, \dots, N) \quad (5)$$

En el valor verdadero de $\boldsymbol{\delta}$ y de las participaciones de mercado \mathbf{s} , estas j ecuaciones deben satisfacerse exactamente. La diferencia entre las participaciones de mercado observadas s_j y la función de participación de mercado $s_j(\boldsymbol{\delta})$ es pertinente. El punto en cuestión es que los niveles de utilidad media δ_i contienen el error agregado ξ_j , por lo tanto, como se halla condicionado en los valores reales de $\boldsymbol{\delta}$ (y dada una densidad, f), el modelo debe ajustar a los datos de manera exacta. Mientras las

características no observables ξ_j sean ortogonales a los factores que afectan δ , el procedimiento de estimación será un modelo sencillo de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). En los casos en que ξ_j no es ortogonal, por ejemplo a los precios, es necesario el uso de variables instrumentales³.

El ajuste correcto del modelo condicionado en los niveles de utilidad media δ se explota a través de un sencillo procedimiento de estimación de MCO. Si el vector $\mathbf{s} = \mathcal{s}(\delta)$ es invertido para producir el vector $\delta = \mathcal{s}^{-1}(\mathbf{s})$, entonces las participaciones de mercado observadas (junto con el supuesto de distribución de ν) determinan de manera única la utilidad promedio del consumidor para cada bien.

Bajo algunas condiciones de regularidad no muy estrictas de la función de densidad de las variables no observables, se establece la existencia de un vector $\delta^*(\mathbf{s})$ único, que satisface $\mathbf{s} = \mathcal{s}(\delta^*(\mathbf{s}))$. Berry muestra que al condicionar la utilidad del bien externo, δ_0 , haciéndola igual a cero, la función de participación de mercado es recíproca (uno-a-uno).

También se establece que para cada posible vector observado de participaciones de mercado \mathbf{s} , existe un vector de utilidad media $\delta \in \mathbb{R}^{N+1}$ que creará el vector observado mediante la relación $\mathbf{s} = \mathcal{s}(\delta)$. Por lo tanto, todo vector observado de participaciones de mercado puede ser explicado por sólo un vector de utilidad media. Es así como para cualquier función de densidad $f(\cdot, x)$ es posible calcular el vector δ sólo con información de las participaciones de mercado. Cuando la densidad de ν es conocida exactamente (por ejemplo, *logit* en el presente caso), de tal manera que la función de participación no depende de parámetros desconocidos diferentes al vector δ , entonces los niveles de utilidad media estimados pueden ser tratados como conocidas transformaciones no lineales de las participaciones de mercado, \mathbf{s} . De (5) para los valores reales de (α, β) :

$$\delta_j(\mathbf{s}) = x_j\beta - \alpha p_j + \xi_j \quad (6)$$

Para estimar (β, α) , se puede tratar (6) como una ecuación de estimación de regresión de $\delta_j(\mathbf{s})$ respecto a (x_j, p_j) tratando ξ_j como un error no observable. El hecho de que $\delta_j(\mathbf{s})$ es una transformación de los datos originales de participaciones de mercado no es tan relevante.

En el modelo de productos diferenciados existe una ecuación de demanda de la forma presentada en (6) para cada modo de transporte en cada mercado. Dado que contamos con una muestra

³ La ventaja que otorga el método planteado por Berry (1994) es que al integrar sobre los consumidores asumiendo una distribución dada, el modelo puede ser transformado a una ecuación lineal sobre la cual pueden aplicarse los métodos tradicionales de variables instrumentales en caso de existir endogeneidad.

suficientemente grande de mercados independientes (22 ciudades/áreas metropolitanas)⁴, se pueden obtener estimadores consistentes de los parámetros de demanda al tratar cada mercado como una observación separada. Esta aproximación permite contemplar estructuras de correlación arbitrarias al interior de los mercados entre factores no observables de demanda.

En el caso específico del modelo *logit*, es fácil obtener los niveles de utilidad media como función de las participaciones de mercado observadas. Por tanto, se inicia el proceso con la función de utilidad representada por (2) y se asume que ϵ_{ij} es independiente e idénticamente distribuida (iid) entre modos de transporte y pasajeros con una función de distribución de valores extremos de la forma: $\exp(-\exp(-\epsilon))$, por lo que la participación del mercado del producto j estaría dada por:

$$s_j(\boldsymbol{\delta}) = e^{\delta_j} / (\sum_{k=0}^N e^{\delta_k}) \quad (7)$$

Con la utilidad media del bien externo normalizada a cero, el cociente entre la utilidad del bien consumido y el bien externo puede ser representado como⁵:

$$\ln(s_j) - \ln(s_0) = \delta_j \equiv x_j\beta - \alpha p_j + \xi_j \quad (8)$$

De esta manera, δ_j se determina directamente y de manera única por medio de un cálculo algebraico relacionado con las participaciones de mercado. Por lo tanto, en el caso de *logit* multinomial, sólo se requiere un ejercicio de regresión mediante MCO de las diferencias en logaritmos de las participaciones de mercado respecto a (x_j, p_j) .

Si bien el modelo *logit* produce patrones de sustitución entre alternativas poco razonables, en el presente ejercicio nos enfocaremos en la estimación de las elasticidades-precio y de ingresos, y también de elasticidades respecto a otros atributos como velocidad y frecuencia, sin hacer énfasis en los patrones de sustitución entre modos de transporte.

La ecuación (8) se estima para cada mercado en cada año analizado. Entre las variables relacionadas con las características observables del producto x_j se incluyen: tarifa, velocidad, frecuencia, Índice de Pasajeros por Kilómetro (IPK), longitud de la ruta, vehículos, Producto Interno Bruto per cápita (PIB pc), población, tamaño de la ciudad, densidad poblacional, variedad de modos de transporte,

⁴ Armenia, Barranquilla A.M., Bogotá A.M., Bucaramanga A.M., Cartagena, Cali A.M., Centroccidente A.M., Cúcuta A.M., Florencia, Ibagué, Montería, Neiva, Pasto, Popayán, Quibdó, Riohacha, Santa Marta, Sincelejo, Tunja, Valledupar, Villavicencio, Valle de Aburrá. A.M.

⁵ Ver el apéndice A1 para los detalles de la derivación.

existencia de SITM en los centros urbanos examinados. Las estadísticas descriptivas de las principales variables son presentadas en la tabla 1.

Para cada periodo de tiempo y localización, la elasticidad precio de la demanda fue calculada siguiendo a Nevo (2000), de la siguiente manera:

$$\eta_j = \frac{\partial s_j}{\partial p_j} \frac{p_j}{s_j} = -\alpha p_j (1 - s_j) \quad (9)$$

Donde: α es el coeficiente del precio derivado del modelo de efectos fijos (tercera columna de la tabla 2), p_j es la tarifa del modo de transporte j , y s_j es la participación observada de mercado del modo de transporte j .

IV. Datos

Se usó información de la Encuesta de Transporte Urbano de Pasajeros (ETUP) del DANE, correspondiente a los 11 años comprendidos entre 2000 y 2010. Según la documentación oficial, la encuesta se desarrolla en 23 ciudades capitales analizando el transporte público municipal prestado en el perímetro urbano sin incluir el servicio de taxi, ni otros servicios informales como colectivos y mototaxis.

La información se recolecta mensualmente e incluye información sobre el tipo de vehículo, nivel de servicio, parque automotor, viajes y kilómetros recorridos, pasajeros movilizados y tarifa diaria vigente. La encuesta incluye información sobre diferentes tipos de vehículo (bus, buseta, microbus, metro, SITM), así como de niveles de servicio (colectivo, corriente, intermedio, ejecutivo, super-ejecutivo, entre otros). Como antecedente de uso de esta encuesta, Tobón y Galvis (2009) presentan un análisis descriptivo trimestral de la encuesta de transporte público urbano del DANE

Con base en la información disponible es posible construir algunas variables adicionales útiles en el análisis de la demanda por transporte público en Colombia como velocidad, frecuencia, índice de pasajeros por kilómetro, entre otros. La información se encuentra organizada a manera de panel de datos.

La combinación entre tipo de vehículo, nivel de servicio y ciudad permite establecer un código de identificación único para cada modo de transporte particular en cada ciudad y para el cual se dispone de información a lo largo de 11 años. Por ejemplo, bus-ejecutivo-Cartagena o buseta-corriente-Barranquilla corresponden a un modo de transporte específico para el cual se observó información sobre las diferentes variables: viajes recorridos, kilómetros recorridos, pasajeros movilizados, tarifa, etc.

Adicionalmente, la base de datos incorpora información sobre dos SITM de las áreas metropolitanas de Bogotá y Centro-occidente. Las diferentes combinaciones entre tipos de vehículo, niveles de servicio, ciudades y años generan un panel desbalanceado con 922 observaciones.

La tarifa promedio observada en las 22 ciudades/áreas metropolitanas observadas⁶ fue de 1.177 pesos para el año 2010, el último año de la base de datos. Entre las áreas con tarifas más altas se encuentran las ciudades de Cartagena, Montería y las áreas metropolitanas de Bucaramanga, Centro-occidente y

⁶ Por falta de información se eliminó de la base de datos el Área Metropolitana Centro.

Valle de Aburrá, en las cuales la tarifa fue de 1.400 pesos, en promedio. Con tarifas inferiores a mil pesos aparecen las ciudades de Quibdó, Sincelejo y Riohacha.

Tabla 1. Estadísticas descriptivas

| VARIABLES | Tipo | Unidades | Fuente | Min | Max | Promedio |
|---|---------------|---|---------------------------|------------|------------|-----------------|
| Participación en el mercado | Dependiente | Proporción | Cálculo de los autores | 0.000 | 1.00 | 0.261 |
| Tarifa | Independiente | Miles de pesos corrientes | ETUP-DANE | 0.110 | 1.80 | 0.86 |
| Velocidad | Independiente | Kilómetros por hora | Cálculo de los autores | 0.550 | 58.20 | 15.02 |
| Frecuencia | Independiente | Vueltas por Vehículo | Cálculo de los autores | 0.053 | 12.25 | 1.925 |
| Índice de pasajeros | Independiente | Índice de Pasajeros por Kilómetro | Cálculo de los autores | 0.125 | 29.18 | 2.005 |
| Longitud de la ruta | Independiente | Kilómetros | Cálculo de los autores | 3.900 | 171.40 | 28.8 |
| Vehículos | Independiente | Promedio diario de vehículos en servicio | ETUP-DANE | 0.500 | 6074 | 496 |
| Producto Interno Bruto por habitante | Independiente | PIB pc Departamental (Industria + Servicios) Miles de millones de pesos | Cuentas Nacionales - DANE | 0.413 | 5.72 | 1.143 |
| Población | Independiente | Millones de habitantes | DANE | 0.112 | 8.63 | 1.692 |
| Tamaño de la ciudad | Independiente | Miles de kilómetros cuadrados | Varios | 0.121 | 4.49 | 1.779 |
| Densidad | Independiente | Miles de habitantes por kilómetro cuadrado | Cálculo de los autores | 0.054 | 6.93 | 2.419 |
| Variedad | Independiente | Tipos de vehículo y nivel de servicio por ciudad y año | Cálculo de los autores | 1.000 | 13.00 | 5.043 |
| SITM | Independiente | Dummy 1 si hay SITM | ETUP-DANE | 0.000 | 1.00 | 0.132 |

Fuente: elaboración propia y Encuesta de Transporte Urbano de Pasajeros (ETUP)- DANE.

En términos de la variedad en la oferta (tipos y niveles) es notoria la relación entre el tamaño de cada ciudad y las posibilidades de transporte que se ofrecen. Así, por ejemplo, Bogotá ofrece a sus habitantes 10 posibles tipos de transporte y seis distintos niveles, mientras que Armenia sólo ofrece dos tipos de vehículo (buses y busetas) en un nivel de servicio (corriente).

Con respecto a la velocidad, el promedio general para todas las ciudades es de 14.6 kilómetros por hora, sin embargo, las diferencias entre ciudades son amplias: mientras que el promedio de velocidad en el área metropolitana de Centro-occidente (conformada los municipios de Pereira, Dosquebradas y La Virginia) fue de 21 kms/hora, en el caso de Quibdó fue de sólo 5 kms/hora (tabla 1).

Según los tamaños de flota y población de cada ciudad, es posible establecer que, en promedio, cada vehículo atiende una población de 3.334 personas. O, de manera equivalente, por cada 100.000 habitantes una ciudad incrementa su flota de vehículos diarios en servicio en un promedio de 30 vehículos.

V. Resultados

Asumiendo la ortogonalidad de los errores (ξ_j) y la invertibilidad de la función que relaciona la participación de mercado observada y la estimada, se realizó la estimación del modelo presentado en la ecuación 8. Se debe resaltar que ante la limitada información disponible sobre modos de transporte informales y privados, los resultados derivados del ejercicio de modelación deben ser interpretados tomando el conjunto de los modos de transporte. En este caso, modos como mototaxis, colectivos y automóvil particular estarían incluidos dentro de la opción denominada 'bien externo', con respecto a la cual se interpretan los resultados.

Se estimaron cuatro formas del modelo presentado en la ecuación 8. En la primera columna de la tabla 2 se presentan los resultados del modelo usando como variable las participaciones de mercado condicionadas, sin tener en cuenta la existencia del bien externo. Las tres últimas columnas presentan la estimación de demanda usando como variable dependiente el cociente entre la participación de mercado no condicionada y la participación del bien externo, tal como lo presenta Berry (1994). En particular, en las columnas tres y cuatro se explota la estructura de panel de datos al estimar los modelos mediante las metodologías de efectos fijos y efectos aleatorios⁷.

Uno de los resultados a resaltar señala que en los modelos que se ajustan más a la estructura de los datos la tarifa es negativa y estadísticamente significativa. Esto significa que la función de demanda, como se espera, tiene pendiente negativa. En otras palabras, los incrementos en la tarifa generan una reducción en la participación de mercado del transporte público urbano formal respecto al modo externo.

Otro resultado a subrayar es el coeficiente obtenido para los ingresos (PIB pc) cuando se realiza la estimación mediante panel de datos. Los coeficientes son negativos y estadísticamente significativos, lo que indica que el transporte público de pasajeros es un bien inferior. En este caso, un aumento de ingresos de los consumidores reduce el consumo de este servicio por otras modalidades de transporte.

⁷ El test de Hausman verificó la existencia de efectos fijos individuales (interceptos) para cada modo de transporte en cada ciudad. La estimación del modelo como panel de datos con efectos fijos elimina la posibilidad de contar con las características de la ciudad como variables explicativas, por lo tanto el tamaño de la ciudad, la densidad poblacional y la existencia de SITM no son incluidas en esta estimación.

Los resultados obtenidos respecto a otras variables muestran que las utilidades marginales, por ejemplo, de la velocidad y la frecuencia, son positivas. Esto sugiere que mejoras en estos atributos producen incrementos en la participación de mercado del transporte público.

Tabla 2. Resultados de la estimación de los modelos

| Variable | Mínimos Cuadrados Ordinarios (OLS) | Modelo Logit Multinomial (ML) | Efectos Fijos (FE) | Efectos Aleatorios (RE) |
|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|--------------------|-------------------------|
| Tarifa | 0.048 * | -0.549 *** | -0.475 ** | -0.699 *** |
| Velocidad | 0.007*** | 0.090 *** | 0.026 * | 0.052 *** |
| Frecuencia (VPV) | 0,011 | -0,026 | 0.630 *** | 0.306 *** |
| Índice de Pasajeros por Km | 0.007 *** | 0.102 *** | 0.271 *** | 0.159 *** |
| Longitud de tuta | -0.003 *** | -0.027 *** | -0.013 ** | -0.020 *** |
| Vehículos | 0.000 *** | 0.001 *** | 0.001 *** | 0.001 *** |
| PIB pc | 0.015 | 0.089 | -0.546 *** | -0.368 *** |
| Población | -0.041 *** | -0.283 *** | 0,341 | 0,103 |
| Tamaño ciudad | 0,012 | -0.139 *** | | -0.355 *** |
| Densidad | -0.010 * | -0.098 *** | | -0.356 *** |
| Variedad | -0.035 *** | 0.016 | 0.063* | 0.066 ** |
| SITM | 0.085 * | 0.720 *** | | -0.185 |
| Constante | 0.310 *** | -4.102 *** | -5.899 *** | -3.741 *** |
| Coefficiente de ajuste R ² | 33.7% | 37.0% | 39.1% | 37.2% |
| Observaciones | 922 | 922 | 922 | 922 |

Fuente: Elaboración propia con base en ETUP-DANE.

Coefficiente y p-valores. Significancia: *p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Los parámetros obtenidos de la estimación presentada en la tercera columna de efectos fijos (FE) se usaron para calcular la elasticidad-precio y la elasticidad-ingreso, así como la elasticidad respecto de otros atributos como la velocidad y la frecuencia. El cálculo de la elasticidad se realizó con base en la ecuación 9. Como se muestra en la tabla 2, los resultados indican que el transporte público de pasajeros es inelástico a cambios en los precios. En concreto, un incremento del 10% en la tarifa de algún modo de transporte genera una reducción del 3.9% en su participación en el mercado. Este resultado es muy similar al encontrado por Frankena (1978) y otros, para quienes la elasticidad-precio encontrada es de -0.33.

Como se señaló anteriormente, el transporte público urbano formal de pasajeros es un bien inferior. Cuando se comprueba esto con la estimación de la elasticidad-ingreso, se halla que un aumento del 10% en los ingresos genera una reducción de la demanda en 4.5%.

f

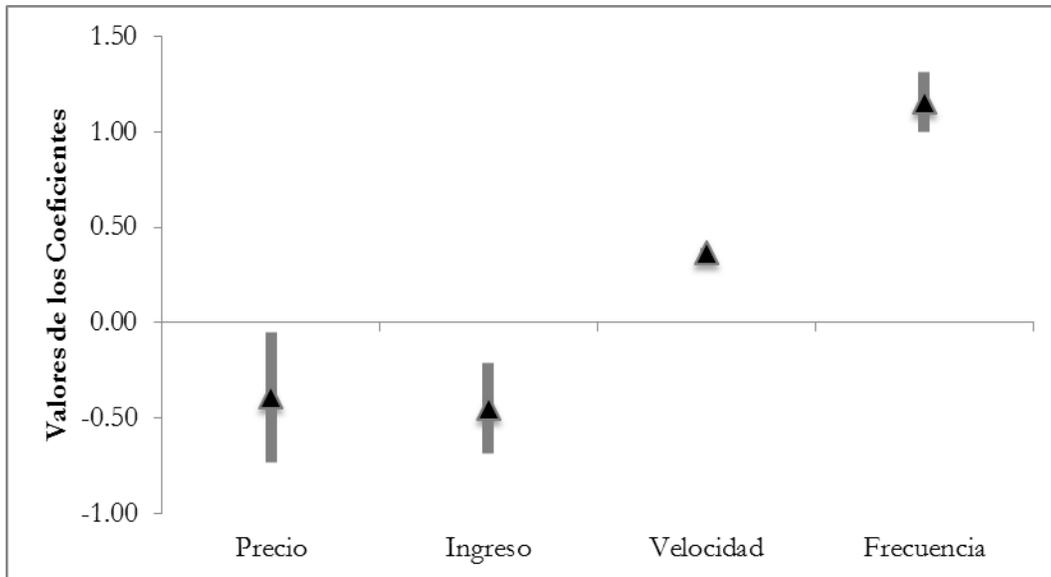
Tabla 3. Intervalos de Confianza de Elasticidades de Demanda

| Elasticidad | Inferior | Coefficiente | Superior |
|-------------|----------|--------------|----------|
| Precio | -0.734 | -0.391 | -0.048 |
| Ingreso | -0.688 | -0.450 | -0.211 |
| Velocidad | 0.347 | 0.370 | 0.393 |
| Frecuencia | 0.997 | 1.155 | 1.312 |

Fuente: elaboración propia con base en ETUP-DANE.

Los atributos de cada modo de transporte, velocidad y frecuencia, tienen elasticidades positivas. En el caso de la velocidad, un incremento del 10% en la velocidad genera un incremento de 3.7% en la demanda. En el caso de la frecuencia, el resultado muestra alta sensibilidad: ante un aumento del 10% en la frecuencia de la ruta, la demanda se incrementa en 11.5%. Los resultados de las elasticidades con sus respectivos intervalos de confianza se presentan en el **Gráfico 1**.

Gráfico 1. Intervalos de Confianza de Parámetros de Elasticidad (95%)



Fuente: elaboración propia con base en ETUP-DANE.

VI. Conclusiones

Los resultados de este trabajo señalan la importancia del diseño apropiado de una política de precios para los nuevos SITM que han entrado en operación para dar solución a los graves problemas de atención y movilidad del transporte público en algunas ciudades de Colombia. Sin embargo, se debe resaltar la importancia de variables como la velocidad, la frecuencia y el índice de pasajeros por vehículo para diseñar políticas públicas de transporte adecuadas.

Con respecto a los ingresos, el resultado según el cual el transporte público es un bien inferior (elasticidad-ingreso menor que cero) permite afirmar que una política de subsidio al transporte público urbano formal actúa como medida redistributiva del ingreso. En este sentido, un subsidio al transporte público generaría beneficios directos para los consumidores con menores niveles de ingreso y contribuye a la ampliación del tamaño del mercado de transporte en las ciudades analizadas.

La existencia de externalidades positivas de un sistema de transporte organizado refuerza la implementación de subsidios en las tarifas. Como se sabe, la teoría económica plantea que un bien con externalidades positivas que se deja al mercado puede tener una provisión inferior a la socialmente deseable. Por lo tanto, un subsidio directo puede aumentar la oferta del bien y acercarla a su nivel óptimo. Esto demostraría que el transporte público es similar al mercado de la educación y de investigación, innovación y desarrollo de actividades científicas, las cuales deben ser subsidiadas para garantizar un mayor nivel de desarrollo.

Actualmente existen fuentes de recursos que permitirían implementar el subsidio del transporte público, como ocurre con la sobretasa a la gasolina y otros que pueden ser aplicados, como la sobretasa al gas. Un sistema de transporte público subsidiado con estos recursos no sólo ayudaría al desarrollo de las ciudades en Colombia sino que, al mismo tiempo, ayudarían a reducir la desigualdad en la distribución en los ingresos.

Lista de referencias

- Ashiabor, S., Baik, H., & Trani, A. (2007). Logit Models for Forecasting Nationwide Intercity Travel Demand in the United States. *Journal of the Transportation Research Board*, 1-12. doi:10.3141/2007-01
- Barff, R., Mackay, D., & Olshavsky, R. W. (March de 1982). A Selective Review of Travel-Mode Choice Models. *Journal of Consumer Research*, 8(4), 370-380.
- Baum, H. J. (January de 1973). Free Public Transport. *Journal of Transport Economics and Policy*, 7(1).
- Bento, A. M., Cropper, M. L., Mushfiq, A., & Vinha, K. (2005). The Effects of Urban Spatial Structure on Travel Demand in the United States. *The Review of Economics and Statistics*, 87(3), 466-478.
- Berry, S. T. (Summer de 1994). Estimating discrete-choice models of product differentiation. *RAND Journal of Economics*, 25(2), 242-262.
- Berry, S., Levinsohn, J., & Pakes, A. (1995). Automobile Prices in Market Equilibrium. *Econometrica*, 63(4), 841-890.
- Bocarejo, J. P., Echeverry, J. C., Acevedo, J., Ospina, G., Lleras, G. C., & Rodríguez, A. (2009). *El transporte como soporte al desarrollo de Colombia una visión al 2040* (First ed.). Universidad de Los Andes.
- Dajani, J., Egan, M. M., & McElroy, M. B. (1975). The Redistributive Impact of the Atlanta Mass Transit System. *Southern Economic Journal*, 42(1), 49-60.
- de Jong, G., & Gunn, H. (May de 2001). Recent Evidence on Car Cost and Time Elasticities of Travel Demand in Europe. *Journal of Transport Economics and Policy*, 35(2), 137-160.
- de Rus, G. (May de 1990). Public Transport Demand Elasticities in Spain. *Journal of Transport Economics and Policy*, 24(2), 189-201.
- de Rus, G., Campos, J., & Nombela, G. (2003). *Economía del transporte*. Barcelona: Antoni Bosch.
- Escobar García, D. A. (2008). Instrumentos y Metodología de Planes de Movilidad y Transporte en las Ciudades Medias Colombianas. *Tesis Doctoral*. Universidad Politécnica de Cataluña. Obtenido de http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6624/13_escobarGarcia_conclusions.pdf;jsessionid=B2329C51551BA879594EC25AF6349EB6.tdx2?sequence=13
- Frankena, M. W. (September de 1978). The Demand for Urban Bus Transit in Canada. *Journal of Transport Economics and Policy*, 12(3), 280-303.

- Glaeser, E. (2011). *Triumph of the city: How urban spaces make us human*. United Kingdom: Macmillan.
- Graham, D. J. (September de 2007). Agglomeration, Productivity and Transport Investment. *Journal of Transport Economics and Policy*, 41, 317–343.
- Johnson, M. A. (August de 1976). Estimating the Influence of Service Quality on Transportation Demand. *American Journal of Agricultural Economics*, 58(3), 496-503.
- Lichfield, N., & Chapman, H. (September de 1971). The Urban Transport Problem and Modal Choice. (U. o. Science, Ed.) *Journal of Transport Economics and Policy*, 5(3), 247-266.
- McFadden, D. (1974). Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior. En P. Zarembka, *FRONTIERS IN ECONOMETRICS* (págs. 105-142). New York: Academic Press.
- Nevo, A. (2000). A practitioner's Guide to Estimation of Random Coefficients Logit Models of Demand. *Journal of Economic and Management Strategy*, 9(4), 513–548.
- Nevo, A. (2001). Measuring Market Power in the Ready-to-Eat Cereal Industry. *Econometrica*, 69(2), 307-42.
- Oum, T. H., Waters II, W. G., & Yong, J.-S. (May de 1992). Concepts of Price Elasticities of Transport Demand and Recent Empirical Estimates: An Interpretative Survey. *Journal of Transport Economics and Policy*, 26(2), 139-154.
- Peñaloza, E. (2005). The Role of Transport in Urban Development policy. En S. U. SUTP, & GTZ (Ed.), *Sustainable Transport: A Sourcebook for Policy-makers in Developing Cities*. Obtenido de <http://www.sutp.org/>
- PNUD. (2011). *El Mototaxismo en Sincelejo: un análisis socioeconómico*. PNUD, SENA, Cámara de Comercio de Sincelejo, Corporación Universitaria del Caribe. Obtenido de <http://www.pnud.org.co/sitio.shtml?apc=a-c-5--&x=18645#.UOWVS2--28C>
- Posada, J. J., & y González, C. A. (2010). Metodología para estudio de demanda de transporte público de pasajeros en zonas rurales. (U. d. Antioquia, Ed.) *Revista de la Facultad de Ingeniería* (53), 106-118.
- Rasmusen, E. (2007). *The BLP Method of Demand Curve Estimation in Industrial Organization*. Obtenido de [rasmusen.org: http://www.rasmusen.org/published/blp-rasmusen.pdf](http://www.rasmusen.org/published/blp-rasmusen.pdf)
- Roberts, P. O., & Kresge, D. T. (May de 1968). Simulation of Transport Policy Alternatives for Colombia. *The American Economic Review*, 58(2), 341-359.
- Sánchez Jabba, A. (2011). *La economía del mototaxismo: el caso de Sincelejo*. Banco de la República, Centro de Estudios Económicos Regionales (CEER). Banco de la República.
- Schmenner, R. W. (January de 1976). The Demand for Urban Bus Transit: A Route-by-Route Analysis. *Journal of Transport Economics and Policy*, 10(1), 68-86.

- Small, K. A., & Verhoef, E. T. (2007). *The Economics of Urban Transportation*. London and New York: Routledge.
- Small, K. A., & Winston, C. (1999). The Demand for Transportation: Models and Applications. In J. Gómez-Ibáñez, W. B. Tye, & C. Winston, *Essays in Transportation Economics and Policy* (pp. 11-56). Washington, D.C.: Brookings Institution Press.
- Sonesson, T. (May de 2001). Inter-Urban Travel Demand Elasticities with Emphasis on Trip Generation and Destination. *Journal of Transport Economics and Policy*, 35(2), 301-326.
- Steckel, J. H., & Vanhonacker, W. R. (July de 1988). A Heterogeneous Conditional Logit Model of Choice. *Journal of Business & Economic Statistics*, 6(3), 391-398.
- Tobón, A., & Galvis, D. (2009). Análisis sobre la evolución reciente del sector de transporte en Colombia. *Perfil de Coyuntura Económica*(13), 147-163.
- Toro-González, D., Alvis, J., & Arellano, W. (July de 2005). Transporte público en Cartagena: ¿Qué factores determinan las preferencias de los usuarios? *Economía & Región*, 2(3), 7-54.
- Train, K. (2002). *Discrete Choice Methods with Simulation*. Cambridge University Press.
- Venables, A. J. (May de 2007). Evaluating Urban Transport Improvements: Cost-Benefit Analysis in the Presence of Agglomeration and Income Taxation. *Journal of Transport Economics and Policy*, 41, 173-188.
- Viton, P. A. (January de 1982). Privately-Provided Urban Transport Services: Entry Deterrence and Welfare. *Journal of Transport Economics and Policy*, 16(1), 85-94.
- Wardman, M. (September de 1994). Forecasting the Impact of Service Quality Changes on the Demand for Inter-Urban Rail Travel. *Journal of Transport Economics and Policy*, 28(3), 287-306.
- Wardman, M. (September de 1998). The Value of Travel Time: A Review of British Evidence. *Journal of Transport Economics and Policy*, 32(3), 285-316.
- Williams, M. (December de 1979). Firm Size and Operating Costs in Urban Bus Transportation. *The Journal of Industrial Economics*, 28(2), 209-218.

Apéndice

Apéndice 1 (Derivación ecuación 12)

Retomando la ecuación 6:

$$s_j(\boldsymbol{\delta}) = e^{\delta_j} / (\sum_{k=0}^N e^{\delta_k}) \quad (6)$$

Usando la igualdad representada en la ecuación 4 según la cual se pueden representar las participaciones de mercado como funciones de los niveles de utilidad media $s_j = s_j(\boldsymbol{\delta})$:

$$s_j = e^{\delta_j} / (\sum_{k=0}^N e^{\delta_k})$$

Aplicando logaritmo para cada bien j :

$$\ln(s_j) = \delta_j - \ln\left(\sum_{k=0}^N e^{\delta_k}\right)$$

Con la utilidad media del bien externo normalizada a cero

$$\ln(s_0) = 0 - \ln\left(\sum_{k=0}^N e^{\delta_k}\right)$$

Finalmente, la diferencia entre las participaciones de mercado de cada bien j y el bien externo pueden representarse como:

$$\ln(s_j) - \ln(s_0) = \left[\delta_j - \ln\left(\sum_{k=0}^N e^{\delta_k}\right) \right] - \left[0 - \ln\left(\sum_{k=0}^N e^{\delta_k}\right) \right]$$

$$\ln(s_j) - \ln(s_0) = \delta_j - \ln\left(\sum_{k=0}^N e^{\delta_k}\right) + \ln\left(\sum_{k=0}^N e^{\delta_k}\right)$$

$$\ln(s_j) - \ln(s_0) = \delta_j$$

Por lo tanto la ecuación 7 puede ser finalmente escrita como:

$$\ln(s_j) - \ln(s_0) = \delta_j \equiv x_j\beta - \alpha p_j + \xi_j$$



VIGILADA MINEDUCACIÓN



 **L+iD** Laboratorio
de Investigación e Innovación
en Cultura y Desarrollo