

Documentos CEDE

ISSN 1657-5334

Una propuesta metodológica para estimar los cambios sobre el valor de la propiedad: estudio de caso para Bogotá aplicando *propensity score matching* y precios hedónicos espaciales

Jorge Andrés Perdomo Calvo

24

SEPTIEMBRE DE 2010

Serie Documentos Cede, 2010-24
ISSN 1657-5334

Septiembre de 2010

© 2010, Universidad de los Andes–Facultad de Economía–Cede
Calle 19A No. 1 – 37, Bloque W.
Bogotá, D. C., Colombia
Teléfonos: 3394949- 3394999, extensiones 2400, 2049, 3233
infocede@uniandes.edu.co
<http://economia.uniandes.edu.co>

Ediciones Uniandes
Carrera 1ª Este No. 19 – 27, edificio Aulas 6, A. A. 4976
Bogotá, D. C., Colombia
Teléfonos: 3394949- 3394999, extensión 2133, Fax: extensión 2158
infeduni@uniandes.edu.co

Edición, diseño de cubierta, pre prensa y prensa digital:
Proceditor Ltda.
Calle 1ª C No. 27 A – 01
Bogotá, D. C., Colombia
Teléfonos: 2204275, 220 4276, Fax: extensión 102
proceditor@eth.net.co

Impreso en Colombia – *Printed in Colombia*

El contenido de la presente publicación se encuentra protegido por las normas internacionales y nacionales vigentes sobre propiedad intelectual, por tanto su utilización, reproducción, comunicación pública, transformación, distribución, alquiler, préstamo público e importación, total o parcial, en todo o en parte, en formato impreso, digital o en cualquier formato conocido o por conocer, se encuentran prohibidos, y sólo serán lícitos en la medida en que se cuente con la autorización previa y expresa por escrito del autor o titular. Las limitaciones y excepciones al Derecho de Autor, sólo serán aplicables en la medida en que se den dentro de los denominados Usos Honrados (Fair use), estén previa y expresamente establecidas; no causen un grave e injustificado perjuicio a los intereses legítimos del autor o titular, y no atenten contra la normal explotación de la obra.

UNA PROPUESTA METODOLÓGICA PARA ESTIMAR LOS CAMBIOS SOBRE EL VALOR DE LA PROPIEDAD: ESTUDIO DE CASO PARA BOGOTÁ APLICANDO PROPENSITY SCORE MATCHING Y PRECIOS HEDÓNICOS ESPACIALES

Jorge Andrés Perdomo Calvo^{†*}

Resumen

Este estudio comparó los resultados obtenidos mediante Propensity Score Matching (PSM, nombre y sigla en inglés) y un modelo de precios hedónico espaciales (PHE) para estimar el cambio en el valor de la propiedad en Bogotá, cuando un predio se encuentra ubicado cerca a una estación de TransMilenio (TM). Así, en 2008, las viviendas colindantes a una estación de TM en promedio obtienen un precio mayor entre \$117.500 (PHE) y \$115.403 (PSM) por metro cuadrado, cuando es contrastado con el valor por metro cuadrado de los predios alejados del área de influencia del sistema TM y que potencialmente hubiesen podido estar afectados directamente por el proyecto.

Palabras clave: evaluación de impacto, Propensity Score Matching, modelo de precio hedónico espacial, cambio en el valor de la propiedad, TransMilenio.

Clasificación JEL: L92, R11, C14, C25, C52.

[†] Facultad de Economía, Universidad de los Andes, Colombia, e-mail: jor-perd@uniandes.edu.co.

* Corresponde al autor: agradece las observaciones de Juan Carlos Mendieta López realizadas a la versión en inglés que actualmente se evalúa en el Journal Applied Economics Letters (AEL), pero aclara que para esta versión y la de AEL las ideas sobre las metodologías, estimaciones, conclusiones, recomendaciones y redacción del documento son propias del autor. Igualmente sucede con la versión publicada en inglés “*Study of the Effect of the TransMilenio Mass Transit Project on the Value of Properties in Bogotá*” (publicado por Lincoln Institute of Land Policy Working Paper WP07CA1), donde figuran adicionalmente como autores Camilo Mendoza, Juan C. Mendieta y Andrés Baquero. También agradece a Yanicer Pérez y Edward Salamanca por brindar su colaboración en la recolección, digitalización y georreferenciación de la información primaria empleada en este estudio.

A METHODOLOGICAL PROPOSAL TO ESTIMATE CHANGES OF PROPERTY VALUES: CASE STUDY DEVELOPED IN BOGOTÁ, USING PROPENSITY SCORE MATCHING AND SPATIAL HEDONIC PRICES

Jorge Andrés Perdomo Calvo

Abstract

This study uses Propensity Score Matching (PSM) and Spatial Hedonics Prices (SHP) to estimate the change value on residential properties in Bogotá (Colombia); as a consequence of the benefits of its Bus Rapid Transit (BRT-TransMilenio). The estimations made suggest that in 2008, the prices of properties located near to a BRT station were s higher on average US\$59.76 (using SHP) and US\$58.69 (using PSM) respectively, when compared to other properties.

Key words: Impact evaluation, Propensity Score Matching, Spatial Hedonics Prices, change of property value, TransMilenio.

JEL Classification: L92, R11, C14, C25, C52.

Introducción

En Bogotá a principios de esta década (año 2000) se implementó el servicio de transporte masivo TransMilenio (TM). Este proyecto, para su adecuado funcionamiento debe contar con infraestructura apropiada, suministrada por el Estado y que requiere inversiones significativas en construcción de vías, estaciones, portales, puentes vehiculares y peatonales para el Bus de Tránsito Rápido (BRT por sus siglas en inglés).

Cuando se mejoran las condiciones de transporte público los individuos obtienen considerables ahorros en costos y tiempo, disminuyendo su pobreza en transporte. Adicionalmente, la infraestructura genera impactos directos e indirectos para las poblaciones con menores ingresos, por mejorar las deficiencias en la oferta del servicio e integrar la dinámica económica de los centros de actividad con las zonas de periferia de una ciudad, Banco Mundial (2002).

Por otra parte, además de la implementación del BRT, dentro del Proyecto de Servicios Urbanos para Bogotá (PSUB) y el Programa de Mejoramiento de Barrios (PMB), en la capital se han construido puentes peatonales y vehiculares, malla vial, Ciclorutas, andenes, y alamedas, entre otros. Con el PSUB y PMB también se acondicionan, mejoran y construyen redes para proveer servicios públicos como: agua, alcantarillado, aseo, energía eléctrica y comunicación; conllevando a legalizar barrios informales creados en la ciudad. Todas estas inversiones, financiadas por el Estado, han contribuido en la primera década del 2000 a generar valor en las propiedades aledañas o beneficiarias de los proyectos y a cambiar el uso del suelo en las mismas zonas.

Con lo anterior, el objetivo principal de este trabajo es aplicar la metodología Propensity Score Matching (PSM, nombres y siglas en inglés), especificar y estimar un modelo de precio hedónico espacial (PHE) para conocer el impacto que tiene la infraestructura de TransMilenio sobre el precio de los predios que se encuentra cerca a una estación o portal del sistema en Bogotá. Al respecto, Rodríguez y Targa (2004) sostienen que existen pocos artículos acerca de la capacidad de este sistema para originar el desarrollo de propiedades y cambios en sus valores.

De esta forma, el objetivo principal busca implementar metodologías cuantitativas en Colombia para medir el impacto de una parte de los beneficios, a través de los precios del predio, generado por las inversiones del Estado y recibido por los dueños de las propiedades aledañas a los proyectos de infraestructura. Con el fin, de contar con mecanismos técnicos para evidenciar el valor de la plusvalía y que parte ella sea retribuida al Estado, como gestor de la misma. Esta evidencia, pretende ayudar al diseño de instrumentos, políticas y establecer regulación sobre la planeación y construcción de proyectos de infraestructura en Colombia. De esta forma, los encargados de estas políticas podrán contar con más herramientas para la toma de decisiones.

Para finalizar esta primera parte, el documento se encuentra dividido de la siguiente manera: inicialmente se encuentra la introducción. La sección I, comprende el estado del arte, mediante una revisión literaria nacional e internacional en el tema. La sección II, presenta la metodología empleada, con los aspectos más destacados sobre Precios Hedónicos, funciones Box Cox, Econometría Espacial y Propensity Score Matching. En la sección III, contiene los resultados empíricos y por último, en la sección IV, las conclusiones y sugerencias derivadas del trabajo.

I. Literatura relacionada

Alrededor de este tema, existen varios estudios con distintas aplicaciones incluyendo PSM y precios hedónicos. El presente estudio, se diferencia de otros por incluir el componente de econometría espacial en estas metodologías, dado que algunos autores no la emplearon en sus trabajos. Desconocer el componente espacial puede alterar significativamente los resultados de parámetros y representatividad de las variables independientes empleadas; además, encontrar sesgo de especificación por endogeneidad, omisión o redundancia de variables exógenas¹ (Rosales, Perdomo et al., 2010).

Para Bogotá, Rodríguez y Mojica (2008) describen el fenómeno del cambio en el valor de la tierra consecuencia de las obras de TransMilenio en la ciudad. Ellos, evidencian como se comportaban el incremento porcentual precios de la tierra antes y después del BRT. Mendieta y Perdomo (2007), estimaron un modelo de precios hedónico espacial para evaluar el impacto de la infraestructura de TransMilenio sobre el valor de la propiedad en Bogotá, incluyendo la variable distancia entre la propiedad y la estación o portal más cercano al sistema de transporte masivo (TM, fases I y II).

Sus resultados, muestran valores promedio de -0,36%, -0,55% y -1,13% hasta 200, 500 y 1000 metros respectivamente, para la elasticidad proximidad a TM precio del predio. El cambio en el valor del suelo, considerando el universo de predios impactados por el proyecto en sus diferentes fases, es de aproximadamente 627 mil millones de pesos colombianos de 2005. El presente estudio se trabajó con una muestra distinta, con esta nueva información fueron obtenidos datos sobre más variables de control asociadas a las características propias de la vivienda (número de baños, habitaciones, cocina, salas, etc., primordiales en la estimación); no involucradas en la investigación Mendieta y Perdomo (2007), por carencia de los mismos en la fuente oficial consultada.

El nuevo muestreo, a partir de encuestas, de este documento (227 observaciones) abarcó la construcción de la última parte en la fase II (no implicada en Mendieta y Perdomo, 2007) y zonas donde aún no existe el sistema de BRT. Contando con una franja directamente impactada y otra sin impacto, permitiendo implementar la metodología PSM como otro

¹ Particularmente por manejar variables binarias o dummy y no georreferenciarlas como distancia (variables continuas), cuantificando la mínima distancia establecida en metros, kilómetros u otra medida de longitud.

mecanismo para cuantificar el cambio en valor de los inmuebles influenciado por la facilidad de acceder al BRT y contar con mejores criterios para evidenciar y comparar resultados.

Perdomo et al. (2007) con la metodología PSM, investigaron el impacto del proyecto TM sobre el valor de las propiedades residenciales y comerciales en Bogotá, Colombia. Encontrando, que las viviendas habitacionales ubicadas dentro del área de influencia de TransMilenio, reciben un “premio” reflejado por el incremento de 5,8% y 17% en su valor. Dichos autores no consideraron aspectos de econometría espacial en sus estimaciones.

Mendoza (2005), afirmó que TransMilenio se ha tomado como modelo para implementar programas similares en otras ciudades del país, genera varios beneficios y su infraestructura mejora las ganancias para la finca raíz; manifestado en los mayores precios de la tierra (aunque no cuantifica) consecuencia de una mejor accesibilidad. Rodríguez y Targa (2004), estimaron funciones de precio hedónicos espaciales buscando determinar hasta donde el acceso a las estaciones de BRT en Bogotá, Colombia, capitaliza el valor de la tierra. Sus resultados, sugieren que por cada cinco minutos extras de caminata hacia una estación, disminuye el valor de las propiedades entre 6.8 y 9.3 por ciento, después de controlar por características estructurales, atributos del vecindario y proximidad al corredor BRT.

A nivel internacional Vinha (2005), en su tesis doctoral, realiza aplicaciones con PSM de múltiples tratamientos en economía urbana para determinar el impacto del metro en Washington D.C. sobre los patrones de desarrollo. McMillen y McDonald (2002) determinaron la diferencia en valor por categorías de uso en la tierra (residencial, comercial y mixta) en Newly (Estados Unidos), empleando PSM e incluyendo análisis de econometría espacial en los modelos Probit requeridos y predeterminados para PSM.

McMillen y McDonald, son pioneros combinando el análisis de econometría espacial con PSM y tratamiento de endogeneidad, con el fin de encontrar estimadores eficientes e insesgados en sus resultados. También son los primeros en emplear la técnica de evaluación de impacto (PSM) en estudios de economía urbana. Su trabajo, resulta importante en este documento por el manejo de la metodología empleada y es diferenciado en el objetivo a desarrollar e implicando otra técnica para contrastar resultados.

Batt (2001), para Nueva York con estadísticas descriptivas apreció como disminuía el porcentaje de valorización entre más se alejaba el predio de la vía norte en Albany County, 1274%, 894% y 647%, respectivamente. Concluye que se necesita comprender como la captura de valor puede ser utilizada para encontrar nuevas maneras de financiar los sistemas de transporte público en esta ciudad.

En la mayor parte de los estudios expuestos, se emplean metodologías de estadísticas descriptivas, técnicas econométricas convencionales, no usuales y espaciales; para determinar los resultados. Son muy pocos los trabajos, sobre economía urbana, aplicando PSM y hasta el momento no se encuentra publicaciones comparando simultáneamente los instrumentos PSM (combinado con econometría espacial) y modelos hedónicos espaciales. En aras de

evidenciar y precisar mejor el cambio en los precios de predios, ocasionado por las externalidades de infraestructura suministrada por el Estado y cercanía a la misma.

II. Metodología analítica

Entre las técnicas existentes más utilizadas para capturar valor, generado por una externalidad, se encuentra el enfoque de precios hedónicos. En esta misma, es muy común realizar estimaciones mediante funciones Box Cox. Así, el presente ejercicio acoge esta metodología, agregando econometría espacial y el resultado se comparará con el método de PSM (complementado con econometría espacial).

A. Precios hedónicos

Esta técnica, fue desarrollada por Rosen (1974) y consiste en analizar mercados de bienes heterogéneos, como el caso de la vivienda. Por tanto, el precio ($P(z)$) de un predio está determinado por el valor de cada característica del inmueble, atributos y externalidades (Z). En otras palabras, es una función de sus características propias y atributos externos que lo circundan. Este método, también es empleado y útil en la estimación de precios para bienes y servicios no transados explícitamente en los mercados (externalidades). Formalmente, Rosen describe el equilibrio hedónico de la siguiente manera:

$$P(z) = P(z_1, \dots, z_n) \quad (1)$$

El equilibrio hedónico, representado en la ecuación (1), se genera cuando la postura o disponibilidad a pagar (DAP) de los consumidores de vivienda se iguala con la disponibilidad a aceptar (DAA) de los productores. Generalmente, la metodología de precios hedónicos es evidenciada mediante transformación Box-Cox, expuesta a continuación.

B. Transformaciones Box-Cox

La forma funcional Box Cox Cuadrática² sin restricciones, es la más empleada para estimar la función de precio hedónico (véase ecuación 2). Por otra parte, la ecuación (3) representa la función Box Cox a estimar en la presente investigación. Con la cual, se pretende establecer la forma funcional ajustada a la información empleada, para capturar el valor monetario de los predios generado por la obras de TM y consecuentemente estar cerca de una estación o portal del sistema.

$$P(Z)^g = \alpha_0 + \sum_i \alpha_i z_i^{(\lambda)} + \sum_j \beta_j z_j^{(\lambda)} + \sum_i \sum_j \beta_{ij} z_i^{(\lambda)} z_j^{(\lambda)} \quad (2)$$

$$P(Z)^g = \beta_0 + \sum_{k=1}^K \beta_k z_k^{(\lambda)} + e_i \quad (3)$$

² Todas las funciones de precios hedónicos estimadas en la literatura son casos especiales de la función Box Cox cuadrática.

$P(Z)^{\theta} = \frac{P(Z)^{\theta} - 1}{\theta}$, $z_k^{(\lambda)} = \frac{z_k^{(\lambda)} - 1}{\lambda}$, θ y λ son los parámetros³ de transformación y e_i el término de perturbación (aleatorio). Las variables independientes z_i , z_j hasta z_k , representa cada uno de los atributos más relevantes de los predios (número de garajes, valor de la administración, distancia a centros comerciales y droguerías), incluyendo la distancia a estación o portal más cercano de TM y externalidades (distancia a parques). Los coeficientes $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$, son las constantes del modelo; de acuerdo a su signo, representa relación directa o inversa del atributo con el valor de la propiedad.

Según Haab y McConnell (2002) dada la particularidad de complementariedad débil en los modelos de precios hedónicos, unos de los aspectos difíciles de tratar, dentro de las transformaciones Box Cox, es el problema de autocorrelación espacial; dado que es una característica propia del modelo. A partir de esta razón, se debe buscar incorporar, en las funciones Box Cox y modelos Logit para PSM, los principales aspectos de econometría espacial.

C. Econometría espacial

Cuando se trabaja información geográfica o georreferenciada es necesario emplear econometría espacial (Anselin 1980), con el fin de involucrar su influencia en los modelos y comportamiento de las variables implicadas. Además, porque tienden a presentarse problemas de dependencia⁴, heterogeneidad⁵, endogeneidad y asimetría de relación espacial, con este tipo de datos. Implicando, posiblemente, estimadores ineficientes y resultados erróneos para efectos marginales, elasticidades, disponibilidades a pagar y políticas provenientes de los resultados. La dependencia espacial (véase ecuación 4) es uno de los aspectos más comunes, en este tipo de modelos, aunque el problema no es tan fácil de solucionar en datos de corte transversal como en series de tiempo.

$$P(z)_i = f(P(z)_1, P(z)_2, \dots, P(z)_n, e_1, \dots, e_i) \quad (4)$$

En este caso el precio por metro cuadrado de una vivienda $P(Z)_i$, además de estar determinado por características, atributos y externalidades también se explica por su ubicación, valores de los inmuebles vecinos ($P(Z)_1, \dots, P(Z)_n$) y otros no observables espacialmente ($e_1, \dots, e_i$), como lo expresa respectivamente la ecuación (4). En el espacio, la influencia del vecindario sobre la variable dependiente implica este aspecto en la función Box Cox (véase ecuación 5) y modelo Logit predeterminado para PSM.

$$P(Z)^{\theta} = \beta_0 + \rho \mathbf{W}P(Z)^{\theta} + \sum_{i=1}^k \beta_i z_k^{(\lambda)} + \beta_{k+1} \mathbf{W}R_{k+1}^{\lambda} + \varepsilon_i, \quad \varepsilon_i = \lambda \mathbf{W}\varepsilon_i + e_i, \quad e_i \sim N(0, \Omega) \text{ y } \Omega_{ii} = h_i(Z\alpha) \text{ para } h_i > 0 \quad (5)$$

³ Que toman valores entre 1 y -1, $-1 \leq \theta \leq 1$ y $-1 \leq \lambda \leq 1$.

⁴ Hace referencia a la autocorrelación espacial.

⁵ Hace referencia a la estructura espacial, heteroscedasticidad.

$\mathbf{W}$ es la matriz de pesos, retardos o contactos espaciales incluida para solucionar el problema de dirección múltiple en la variable dependiente, independientes (R_{k+1}^i) ⁶ y término del error. ρ , el parámetro autorregresivo espacial que recoge la intensidad de la independencia entre las observaciones muestrales en la variable endógena. λ , representa el coeficiente autorregresivo espacial que refleja la intensidad de la interdependencia en el término del error (ε_i). ε_i , incorpora la dependencia con estructura espacial autorregresiva y e , se distribuye normalmente con una matriz heteroscedastica (h_i).

D. Propensity Score Matching

Independientemente de modelos de precios hedónicos espaciales, se quiere emplear la técnica PSM para evaluar el impacto del fácil acceso al sistema TM sobre el valor del predio aledaño a una estación o portal más cercano al BRT. Tomando el esquema de Heckman, Ichimura y Todd (1997). Para el presente estudio los dos posibles estados de análisis son los predios que cuentan con fácil acceso al sistema de TM, Y_i^1 , y los que no Y_i^0 en la zona i . Los efectos relacionados al fenómeno será su valorización, reflejado en un mayor precio por metro cuadrado de mercado ($P(Z)_i$).

De acuerdo con lo anterior, se puede definir la variable binaria Y . Que toma el valor de cero ($Y=0$) si el inmueble no cuenta con fácil⁸ acceso al BRT y uno ($Y=1$) cuando si lo tiene. La mayor valorización del predio puede denotarse de la siguiente manera $\Delta = Y_i^1 - Y_i^0$, donde delta (Δ) se refiere al cambio y no es conocido⁹. La valorización $P(Z)_i$ para cada estado, en la zona i , se puede expresar mediante una función de características observables X_i de la propiedad (atributos de su entorno georreferenciado como distancia a bancos, bomberos, estaciones de policía, museos, parqueaderos, hoteles, terminal de transporte e iglesias) y no observables (e_i^1 , e_i^0) representadas en las ecuaciones 6 y 7.

$$Y(X)_i^1 = \mathbf{B}^1 \mathbf{X}_i + e_i^1 \quad (6)$$

$$Y(X)_i^0 = \mathbf{B}^0 \mathbf{X}_i + e_i^0 \quad (7)$$

$$\text{Prob}(Y=1) = \frac{1}{1 + e^{\rho WY + \beta^1 X + \beta_{k+1} W R_{k+1}^1 + \varepsilon_i}} \quad (8)$$

Para caracterizar cada estado (Logit espacial ecuación 8) se cuenta con el grupo de control, comparación o contrafactual y de tratamiento o tratado; el primero se refiere a las propiedades sin fácil acceso al sistema y el segundo aquellas cercanas a una estación o portal de TM. El soporte común de los tratados es denotado por la ubicación geográfica de las zonas; adjuntas, a una vía principal (Avenida Boyacá y Suba) de alto flujo vehicular que posibilita la construcción del sistema, una de ellas cuenta con el servicio y actualmente la otra

⁶ Estas pueden coincidir o no con las variables independiente predeterminadas (Z).

⁷ Se refiere a las dos zonas muestreadas, una que cuenta con la facilidad de acceder a TM y la otra no.

⁸ A más de 500 metros de distancia, a una estación o portal de TM.

⁹ Si ambos estados se pudiesen observar para el mismo predio, no se tendrían problemas en la evaluación del impacto generado por la política o el proyecto. El problema es que el predio sólo puede tener uno de los dos estados, no ambos, luego no hay manera de estimar delta.

no. En esta última, el proyecto también pudo ser ejecutado dada sus características geográficas y socioeconómicas similares a la zona donde se llevo a cabo TM. La estimación, del impacto de la accesibilidad al BRT sobre el valor de la tierra, es obtenida mediante ATT (*average treatment on the treated*, nombre y sigla en inglés).

ATT, es el coeficiente que representa el incremento promedio logrado en valorización de la tierra o predios con facilidad de acceso; respecto al precio que hubiera obtenido si no contará con este atributo. Permitiendo obtener el diferencial en el precio del suelo, utilizando la información del grupo de control de acuerdo con las características X_i de las tierras o predios.

III. Análisis empírico

En los resultados del modelo hedónico espacial, presentados en el cuadro 1, se observa un signo negativo sobre el coeficiente distancia mínima a una estación o portal de TransMilenio. Indicando, que entre más alejado se encuentre un predio al acceso de TM, su precio por metro cuadrado (p/m^2) disminuye. Por un metro más lejos, en promedio este valor cae \$47, similarmente ocurre en términos porcentuales; donde la cifra se contrae 0,05%. En sentido contrario, cuando la propiedad se ubica un metro más cerca de una estación o portal de TM su p/m^2 aumenta en \$47 promedio; o relativamente en 0,05%.

Cuadro 1 – Modelo Box Cox no restringido espacial

Precio por metro cuadrado para predios residenciales			
Variables independientes	Coeficiente	Efecto Marginal	Elasticidad
Constante	101460***	-	-
W*(Precio por metro cuadrado)	(-0.0422243)*	-	-
W*residual	0.0022905***	-	-
Distancia mínima a un banco	(-0.0219449)	-62.44	-0.03
Distancia mínima a una estación o portal de TransMilenio	(-0.0082713)***	-47.16	-0.05
Distancia mínima a un centro comercial	(-0.002186)***	-24.79	-0.06
Distancia mínima a un parque	(-0.0405559)**	-42.36	-0.01
Número de cuartos	895.2617**	27114.43	0.09
Número de baños	304.0087	5887.33	0.01
Número de piso donde esta ubicado	364.2438	9626.45	0.03
Número de garajes	8868.799***	77785.43	0.06
Número de cocinas	13801.82***	138797.71	0.13
Antigüedad del predio (en años)	(-189.8815)	-14739.73	-0.14
Lambda	(1.901517)***		
Theta	0.8262217***		
Loglikelihood	(-4133.2238)		
Número de observaciones	304		
Variable estadísticamente significativa a (*) 10%, (**) 5% y (***) 1%; estimación en Geoda y Stata.			

Fuente: cálculo autor.

La demás variables independientes en el modelo hedónico espacial, son consideradas de control para no sobre estimar o subestimar el efecto marginal y elasticidad distancia de la estación o portal TM sobre el precio por metro cuadrado del predio. Las mismas, hacen referencia a las características propias y de entorno del inmueble (cantidad de cuartos, cocinas, garajes, baños, antigüedad y distancia a centro comercial, banco y parque más cercano).

El cuadro 2, contiene la estimación del modelo Logit, con sus respectivas elasticidades, para realizar el análisis PSM. La probabilidad de contar con un fácil acceso a TM aumenta si la vivienda se ubica más lejos del terminal de transporte, museos, estaciones de policía hoteles e iglesias. Viceversa, si el predio se encuentra alejado de bancos, estaciones de bomberos y parqueaderos.

Cuadro 2 – Modelo Logit

Y- variable binaria que toma valor de uno o cero		
Variables independientes	Coficiente	Elasticidad
Constante	(-43.02498)***	-
Distancia mínima al banco más cercano	(-0.0089769)***	-4.22
Distancia mínima a la estación de bomberos más cercana	(-0.0296427)***	-66.09
Distancia mínima a la estación de policia más cercana	0.0188992***	32.87
Distancia mínima al museo más cercano	0.009136***	50.97
Distancia mínima al parqueadero más cercano	(-0.024989)***	-110.87
Distancia mínima al hotel más cercano	0.0089844***	45.74
Distancia mínima al terminal de transporte	0.0094514***	73.86
Distancia mínima a la iglesia más cercana	0.0118758***	11.24
Probabilidad	0.00007428	
Loglikelihood	(-28.271899)	
Seudo R-Cuadrado	0.7947	
Loglikelihood-Restringido (LR)	218.90***	
Número de observaciones	227	
Variable estadísticamente significativa a (*) 10%, (**) 5% y (***) 1%; estimación en Geoda y Stata.		

Fuente: cálculo autor.

Cuadro 3– Comparación de promedios para pm2 PSM

Método	Muestra	G. Tratamiento	G. Control	Diferencia
N-Vecinos	No Emparejadas	\$ 1,002,065.45	\$ 907,491.77	\$ 94573.683***
	ATT	\$ 1,002,065.45	\$ 886,662.26	\$ 115403.187***
Comparación de promedios estadísticamente significativa a (*) 10%, (**) 5% y (***) 1%; estimación en Stata.				

Fuente: cálculo autor.

Los resultados de PSM (*véase* cuadro 3), son estadísticamente significativos, encontrando que las propiedades fuera del área de influencia (más de 500 metros) de TM son un 13% más económicas por metro cuadrado comparadas con aquellas beneficiadas por el sistema. En otras palabras, el p/m^2 para predios con fácil TM en promedio es de \$1'002.065 mientras en viviendas sin TM equivale a \$886.662. La mayor valorización del m^2 recibida, por contar con el atributo de la infraestructura de TM, es de \$115.403 aproximadamente en 2008.

IV. Conclusiones y sugerencias

En la sección anterior se obtuvieron resultados para estimar los cambios en el valor del metro cuadrado para propiedades beneficiarias de la infraestructura del sistema de transporte masivo TransMilenio en Bogotá; mediante las metodologías Precios Hedónicos, empleando funciones Box Cox Espaciales, y de evaluación de impacto, Propensity Score Matching. Técnicas, que permiten estimar la elasticidad precio distancia al sistema TM y el diferencial de precios entre predios con y sin fácil acceso a TM.

Los resultados encontrados para el cambio del p/m^2 , bajo cada metodología, no fueron contradictorios, debido a la relación inversa presentada entre esta variables y la distancia a TM (signo del coeficiente en SHP); y un p/m^2 promedio mayor, después del emparejamiento, para el grupo de tratamiento versus el de control (predios sin facilidad de acceder a TM, ubicados a mas de 500 metros del sistema).

De esta manera y de acuerdo con el efecto marginal de -47,16, obtenido en el modelo SHP, se puede inferir que un predio ubicado a 2.500 metros del sistema TM, tiene un valor promedio (por metro cuadrado) inferior en \$117.500¹⁰ aproximadamente, comparado con otro ubicado a menos de un metro del mismo. Una conclusión similar se obtuvo con PSM, el diferencial promedio del p/m^2 es superior para predios influenciados por TM, oscilando entre \$115.403 y \$94.574, rango equivalente a un menor valor por metro cuadrado para propiedades fuera de la influencia de TM.

Este trabajo, permite al gobierno evidenciar algunos de los beneficios por implementar infraestructura y contar con mecanismos para recaudar parte de ellos, o que sean retribuidos por los dueños de las viviendas beneficiarias. De esta manera, reinvertir estos recursos para generar nuevos proyectos de infraestructura y compensar a los agentes perjudicados. Con esto, las actuales tributaciones de valorización, recaudadas e impuestas desde el punto de vista legal pueden avalarse y compararse desde el ámbito económico. Asimismo, entender y conocer los verdaderos valores que debería pagar cada propietario reconociendo el beneficio que le genero el Estado.

¹⁰ $47 \times 2.500 = 117.500$.

Referencias

1. Anselin Luc. 1980. "Estimation methods for Spatial Autorregressive Structures." *Regional Science*, diss. Cornell University.
2. Haab, Timothy C., and Kennet E, McConnell. 2002. *Valuing Environmental and natural resources: The econometrics of non market valuation*. Northampton: Edward Elgar Publishing.
3. Heckman, James J., Hidehiko Ichimura, and Petra E. Todd. 1997. "Matching as an Econometric Evaluation Estimator: Evidence for Evaluating a Job Training Programme." *The Review of Economics Studies*, 64(4):605-654.
4. McMillen, Daniel P., and John F. McDonald. 2002. "Land Values in a Newly Zoned City." *The Review of Economic and Statistic*, 84(1):62-72.
5. Mendieta, Juan C., and Jorge A. Perdomo. 2007. "Especificación y estimación de un modelo de precios hedónico espacial para evaluar el impacto de Transmilenio sobre el valor de la propiedad en Bogotá." Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico-CEDE, documento CEDE 07-10 (22).
6. Mendoza, Camilo. 2005. "Value Capture for Funding Colombian BRTS Infrastructure: The Case of TransMilenio in Bogotá." M.Sc diss. Erasmus University.
7. Perdomo, Jorge A., Camilo Mendoza, Juan C. Mendieta, and Andrés Baquero. 2007. "Study of the Effect of the TransMilenio Mass Transit Project on the Value of Properties in Bogotá, Colombia." Cambridge, MA: Lincoln Institute of Land Policy Working Paper WP07CA1.
8. Rodríguez, Daniel, and Carlos Mojica. 2008. "Land Value Impacts of Bus: The Case of Bogotá's TransMilenio." Cambridge, MA: Lincoln Institute of Land Policy Working Paper 08-04.
9. Rodríguez, Daniel, and Targa Felipe. 2004. "Value of accesibility to Bogota's Bus Rapid Transit System." *Transport Reviews*, 24(5): 587 - 610.
10. Rosales, R. Perdomo, J.A., Morales, C. y Urrego, A. 2010. "Fundamentos de econometría intermedia: teoría y aplicaciones", CEDE (Centro de Estudios Sobre Desarrollo Económico), Facultad de Economía, Universidad de los Andes.
11. Rosen, Sherwin. 1974. "Hedonic prices and implicit markets: Product Differentiation in Pure Competition." *Journal of Political Economy*, 82(1):34-55.
12. Vinha, Katja. 2005. "The impact of the Washington Metro on development patterns." PhD diss. University of Maryland.
13. World Bank. 2002. "Cities on the move: a World Bank urban transport strategy review." ed. Gwilliam, K., The World Bank, Washington D.C.