

**Transporte y calidad de vida urbana. Estudio de caso
sobre el Metroplús de Medellín, Colombia**

Yadira Gómez y Viktoriya Semeshenko

Lecturas de Economía - No. 89. Medellín, julio-diciembre de 2018

Yadira Gómez y Viktoriya Semeshenko

Transporte y calidad de vida urbana. Estudio de caso sobre el Metroplús de Medellín, Colombia

Resumen: El objetivo de este trabajo es establecer el impacto del sistema bus rapid transit de Medellín, Colombia, sobre la calidad de vida urbana (CVU), medida como la contribución al bienestar de cada uno de los amenities disponibles en el lugar en que se reside. Para esto, se utilizan datos de cortes transversales repetidos, provenientes de la Encuesta de Calidad de Vida de Medellín de los años 2010 y 2014, y de información sobre los atributos de barrio disponibles. En total, la investigación cuenta con 4.091 observaciones en el 2010 y 4.219 en el 2014. Para el análisis, se estima un modelo hedónico cuasiexperimental, y con sus resultados se construye un índice de CVU. El trabajo muestra que la puesta en marcha del Metroplús tuvo un efecto positivo y significativo sobre los cambios en la CVU en el periodo 2010-2014. La magnitud del impacto se refleja en los resultados en las diferentes zonas de la ciudad.

Palabras clave: calidad de vida urbana, transporte público, modelo de precios hedónicos, estimador de diferencias en diferencias.

Clasificación JEL: R580, R530, O180.

Transportation and urban quality of life. A case study of the Metroplus in Medellín, Colombi

Abstract: This paper aims to establish the impact of the bus rapid transit system of Medellín, Colombia, on the urban quality of life (UQL), measured as the contribution of the amenities available in each neighborhood to the welfare of its residents. To this end, repeated cross-section data from the Encuesta de Calidad de Vida de Medellín for 2010 and 2014 and information on the neighborhood amenities are used. As a whole, the research considered 4,091 observations in 2010 and 4,219 in 2014. Through the estimation of a quasi-experimental hedonic model, the amenities with significant coefficients were identified to calculate a UQL index. The findings suggest that the implementation of the Metroplus had a positive and significant effect on changes in the UQL during the period 2010-2014. The magnitude of the effect shows differences in the results across the urban area.

Keywords: urban quality of life, public transportation, hedonic price model, difference-in-difference estimator.

JEL Classification: R580, R530, O180.

Transport et qualité de la vie urbaine. Une étude du Metroplus dans la ville de Medellín, Colombie

Résumé: Le but de cette étude est de déterminer l'impact du bus rapid transit à Medellín sur la qualité de la vie urbaine (CVU). Celui-ci est mesuré comme la contribution au bien-être des aménagements publics disponibles à l'endroit où résident les citoyens. Pour ce faire, nous utilisons des données transversales répétées, à partir de l'Enquête de Qualité de Vie de Medellín, pour les années 2010 et 2014. Nous utilisons également des données concernant les attributs de voisinage. Au total, nous avons 4091 observations pour l'année 2010 et 4219 pour l'année 2014. Ensuite, nous estimons un modèle hédonique quasi expérimental, afin de calculer un indice CVU. Les résultats montrent que la mise en œuvre du bus rapid transit –Metroplus– a eu un effet positif et significatif sur l'évolution de l'indice CVU, pour la période 2010-2014. L'ampleur de l'impact se reflète dans les résultats des différentes zones de la ville.

Mots-clés: qualité de la vie urbaine, transport public, modèle de prix hédonique, estimateur des doubles différences.

Classification JEL: R580, R530, O180.

Transporte y calidad de vida urbana. Estudio de caso sobre Metroplús de Medellín, Colombia

Yadira Gómez y Viktoriya Semeshenko*

–Introducción. –I. Transporte y calidad de vida urbana. –II. Datos y metodología. –III. Análisis de resultados. –Comentarios finales. –Anexos. –Referencias.

doi: 10.17533/udea.le.n89a04

Primera versión recibida el 21 de agosto de 2017; versión final aceptada el 19 de marzo de 2018

Introducción

Existen diferentes instrumentos de diagnóstico y herramientas para medir los efectos de los sistemas de transporte en la calidad de vida (CV) en las áreas urbanas. Los teóricos y hacedores de política atribuyen al transporte mejoras sobre diferentes componentes de la CV como la salud, el acceso a los mercados de trabajo o el tiempo que los habitantes de una ciudad pueden dedicar a actividades que son positivas para su bienestar. Sin embargo, las justificaciones a la hora de presentar el vínculo entre estos dos constructos se basan más en aspectos técnicos que en estudios empíricos o teóricos que prueben los impactos de las políticas y evalúen los programas de transporte (Schneider, 2013). Esto limita el diseño de programas efectivos que favorezcan la convergencia económica.

* *Luz Yadira Gómez Hernández*: integrante del grupo de investigación Economía, Cultura y Políticas, Facultad de Ciencias Humanas y Económicas, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Dirección postal: Carrera 74 #42-26, Medellín, Colombia. Dirección electrónica: lygomezh@unal.edu.co.

Viktoriya Semeshenko: investigadora del Instituto Interdisciplinario de Economía Política de Buenos Aires (IIEP-BAIRES), Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires, CONICET, Argentina. Dirección postal: Av. Córdoba 2122, CP1120, Capital Federal, Argentina. Dirección electrónica: vsemesh@econ.uba.ar.

El transporte urbano es un eslabón esencial para el progreso económico que contribuye a que los beneficios asociados a las ciudades como las economías de aglomeración, las mejores condiciones para la innovación y el acceso a centros de educación y de salud (Blomquist, 2005; Arnott & McMillen, 2006; Glaeser, 2010) superen los costos como la congestión, la accidentalidad, la contaminación auditiva y la polución. Bajo estos elementos, el presente trabajo se propone estudiar los efectos de la accesibilidad al sistema BRT (*Bus Rapid Transit*) de la ciudad de Medellín, a través de un diseño cuasiexperimental basado en un modelo de la economía urbana.

Siguiendo a Lee y Sener (2016), quienes establecen que a la hora de medir los efectos del transporte sobre la CV es más práctico estudiar dimensiones más específicas de la misma, se toma el concepto de la *economía urbana*, el cual está relacionado con el conjunto de atributos disponibles en una ciudad que la hacen atractiva o no. Esto implica considerarla como una medida más específica del valor del conjunto de *amenities* o equipamientos locales disponibles para una persona, y la importancia que estos tienen para sus condiciones de vida y no como el bienestar total (Arnott & McMillen, 2006). En este caso, se le llama calidad de vida urbana (CVU), y su análisis está basado en un supuesto fundamental: el ambiente físico y social de un área puede influenciar el bienestar de las personas que residen en ella (Lambiri, Biagi & Royuela, 2006).

Los atributos a los que se refiere este concepto se pueden clasificar dependiendo de su escala geográfica, el grado de permanencia y el alcance en el que son físicamente tangibles (regiones, ciudades o barrios). Pueden ser bienes específicos, servicios o características cuyo consumo genera satisfacción, como escuelas, bibliotecas, agua potable y parques, o también pueden ser atributos negativos del lugar, como la polución. Los *amenities* disponibles en un lugar pueden ser naturales o el resultado de un proceso de transformación de muchos años a través de las acciones de agentes públicos o privados, lo que significa que las políticas locales pueden influenciar su aparición o modificar los existentes con un efecto sobre las condiciones de vida de sus habitantes.

Su contribución al bienestar es revelada a través de los precios de vivienda y puede hallarse utilizando una regresión hedónica (Rosen, 1974). Los coeficientes estimados de la regresión permiten calcular un índice ordinal de cali-

dad de vida urbana (ICVU) bajo el supuesto de que los consumidores están dispuestos a pagar más por la cercanía a *amenities* que mejoran su bienestar (Blomquist, 2005). Una vez estimado el nivel de CVU por área, se pueden hacer comparaciones entre aquellas áreas con transporte urbano disponible y aquellas que no tienen acceso al sistema.

La investigación recurre a datos de sección cruzada repetidos provenientes de la Encuesta de Calidad de Vida de Medellín para los años 2010 y 2014 (ECVM2010 y ECVM2014), de los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) de Medellín, y de estadísticas demográficas¹ del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). La disponibilidad de datos de antes y después de la puesta en marcha de este sistema permite, además, hacer una evaluación de impacto, utilizando un estimador de diferencias en diferencias. Esta metodología ayuda a reducir el sesgo por variables omitidas y a eliminar el efecto de diferencias preexistentes entre las viviendas ubicadas dentro del área de acceso al Metroplús y al resto de la ciudad.

El presente trabajo constituye la primera investigación sobre los efectos de alguno de los esquemas del Sistema Integrado de Transporte del Valle de Aburrá (SITVA) sobre la CVU en la ciudad de Medellín. Los resultados obtenidos presentan un aporte interesante a la literatura, dado que no se han encontrado trabajos similares sobre el impacto de los sistemas BRT en las condiciones de vida en América Latina. En este orden de ideas, el siguiente apartado presenta la relación teórica entre el transporte y la calidad de vida. Luego, presentamos el objeto de estudio, el dominio espacial y temporal del cuasiexperimento, la elección de la forma funcional, los datos y el método de estimación. Más adelante se analizan los resultados y se presentan las conclusiones.

I. Transporte y calidad de vida urbana

El acceso al transporte es uno de los *amenities* más importantes en las áreas urbanas porque permite a sus ciudadanos acceder al mercado laboral, así como a las oportunidades de educación, salud y cultura disponibles, lo que

¹ Proyecciones de población para el año 2010 y 2015 tomadas de Alcaldía de Medellín (2011).

propicia que se igualen las condiciones de vida de sus habitantes, tal como plantea Eddington (2006). En cambio, el no tener acceso a un buen servicio de transporte público limita la participación de los ciudadanos en la sociedad y favorece la segregación espacial (Thynell, 2009). Más allá, el transporte público tiene impactos sobre el nivel de bienestar de la población al modificar el medio ambiente, reducir la accidentalidad y los tiempos de viaje de los usuarios y al ampliar sus posibilidades de ocio y participación en actividades fundamentales para sus vidas diarias (Schneider, 2013; Perdomo & Arzuza, 2015).

Igualmente, el transporte público es un eslabón esencial para el progreso económico dentro de las ciudades y ha sido un determinante importante de los procesos de urbanización y desarrollo local a lo largo de la historia (Eddington, 2006). Es común observar que las ciudades con mayor calidad de vida en el mundo son aquellas con sistemas de transporte de alta calidad, que priorizan el transporte público e incluyen formas no motorizadas porque son estas las que tienen una mayor probabilidad de evolucionar y prosperar como centros comerciales, industriales, educativos, turísticos y de servicios. Sin embargo, raramente se suplen las necesidades de transporte urbano de todos los grupos sociales, especialmente en los países en desarrollo, donde los sectores más vulnerables tienen menos accesibilidad debido a tarifas altas, falta de infraestructura y seguridad. Pero, ciertamente, un factor importante en la escasa accesibilidad al transporte público de los grupos más vulnerables es la falta de conocimiento sobre sus necesidades de transporte y sobre el impacto de éste sobre el bienestar.

Aunque la relación entre transporte y calidad de vida ha preocupado a analistas de diferentes disciplinas, hasta ahora las herramientas para medir y predecir adecuadamente todos sus efectos son pocas, y los estudios que se han encontrado no arrojan resultados concluyentes respecto al bienestar económico que puede generar (Boarnet, 2007). Adicionalmente, los esfuerzos en este campo se han hecho sobre todo en países desarrollados, mientras que, en los países en desarrollo, y particularmente en Latinoamérica, hay poca literatura que se ocupe del tema (Boarnet, 2007; Schneider, 2013). Surge entonces la necesidad de identificar la contribución de la accesibilidad al transporte público a la calidad de vida en las ciudades latinoamericanas. Como veremos en el

siguiente apartado, la economía urbana provee las herramientas para calcular este impacto.

A. ¿Cómo medir la relación entre transporte y CVU?

De acuerdo con la economía urbana, las decisiones de localización de las familias reflejan sus preferencias respecto a un conjunto de características de las propiedades y los *amenities* que ofrece cada lugar. Una propiedad de mejores características estructurales, en un lugar que ofrece una amplia variedad de *amenities* que mejoren la calidad de vida, tendrá un mayor precio. Dada la suficiente variabilidad en las combinaciones de viviendas y localizaciones en el mercado, y asumiendo que el mercado funciona bien, los precios revelan la disponibilidad a pagar (DAP) de las familias por un conjunto de características y su aporte a la calidad de vida (Bloomquist, 2005; Arnott & McMillen, 2006).

El enfoque hedónico, planteado por Rosen (1974), permite hacer esta medición. Uno de los supuestos principales de este modelo es que las preferencias por una vivienda son débilmente separables en sus características. Esto implica que la demanda puede escribirse como una función del precio de la propiedad en la que se asume información perfecta, ya que los consumidores perciben todas las características relevantes de la propiedad y las tienen en cuenta al tomar su decisión. El problema de decisión consiste en la maximización de la utilidad sujeta a la restricción presupuestaria para pagar por la vivienda (Anselin & Lozano-Gracia, 2009). Así, la función de precios hedónicos es un precio de equilibrio en el que el precio de la vivienda i es definido como:

$$P_i = P(N_i, S_i), \quad (1)$$

donde N_i representa las características del barrio, incluidos los *amenities* disponibles, y S_i son las características estructurales de la propiedad. La regresión hedónica tradicional tiene la forma:

$$P_{ij} = \alpha + \eta_h S_{ij}^h + \partial_n N_{ij}^n + \mu_{ij}, \quad (2)$$

siendo P_{ij} el precio de la propiedad i ubicada en el barrio j , S_{ij}^h una matriz de características de las h viviendas, N_{ij}^n los atributos del barrio, y α y μ_{ij} la

constante y el término de error, respectivamente. Bajo estos supuestos, *ceteris paribus*, las viviendas con acceso a un mayor número de *amenities* deben ser más costosas, y el diferencial de precio constituye una medida de su valor expresado a través de la transacción. Estos precios implícitos, representados por los coeficientes de la regresión (2), pueden utilizarse para calcular un Índice de Calidad de Vida Urbana (Blomquist, 2005). En este caso es posible calcular para cada área la contribución implícita de cada una de las n características del barrio:

$$V_{ij} = \sum_n \tau_n N_i^n. \quad (3)$$

Y, calculando un promedio de las valoraciones para cada barrio j de la ecuación (3), se puede obtener una versión simplificada del índice propuesto por Blomquist (2005) y utilizado por Ham (2011):

$$ICVU_j = \sum_i V_{ij}/N_j. \quad (4)$$

Este enfoque ha sido utilizado para clasificar diferentes ciudades por niveles de CVU (Blomquist et al., 1988; Blomquist, 2005), y para estudiar el impacto de *amenities* producidos por el gobierno (Gyourko & Tracy, 1991) o el efecto de las características estructurales de las viviendas sobre la CVU (Giannias, 1998). Recientemente, Lora, Powell, van Praag y Sanguinetti (2010) recopilaron los resultados de diferentes estudios sobre CVU en varias ciudades latinoamericanas con el objetivo de entender cómo las condiciones de vida varían al interior de una ciudad y cuáles son las prescripciones de política más apropiadas para mejorarlas. Los estudios fueron llevados a cabo en las ciudades de Montevideo (Uruguay), Lima (Perú) San José (Costa Rica), entre otras, y son las únicas investigaciones encontradas utilizando este enfoque en América Latina. Entre ellas, aparece la de Medina, Morales y Núñez (2010), que estudian la CVU en los barrios de Medellín y Bogotá, en Colombia. Sin embargo, los trabajos mencionados no se enfocan en estudiar el efecto del transporte sobre la CVU.

Utilizando metodologías distintas, Brand y Dávila (2011) tratan de medir el impacto de la inversión del gobierno local en el Metrocable Línea K sobre

los niveles de pobreza en la ciudad de Medellín; sin embargo, los resultados no son concluyentes. Los autores plantean que cualquier valoración del impacto del incremento en la movilidad sobre las condiciones de vida de la población local es un asunto complejo, y que obtener una medida precisa de las consecuencias sociales y económicas de los metrocables es difícil. Ante lo expuesto, este estudio nace como un esfuerzo por empezar a generar conocimiento sobre el impacto de los sistemas BRT en la calidad de vida y los resultados de las políticas de transporte en América Latina, tomando a Medellín como estudio de caso.

II. Datos y metodología

El análisis se centra en el sistema BRT del SITVA² denominado Metroplús. Este atraviesa la ciudad de oriente a occidente conectándose en varias estaciones con la línea A del Metro y está compuesto por 2 líneas de 21 estaciones cada una. La línea 1 que inició su operación en el 2011, circula por un corredor vial de 12,5 km, desde la zona suroccidental de la ciudad (comunas 15 y 16), donde tiene otras seis estaciones, hasta las zonas centro-oriental (comuna 8, 9 y 10) y nororiental (comunas 3 y 4). La integración a las líneas A y B del Metro de Medellín se da en 3 estaciones (ver Anexo 1).

La línea 2 coincide en 13 de sus 21 estaciones con la Línea 1, excepto en el trayecto que cruza por el centro de la ciudad, en donde no tiene estaciones fijas sino paraderos y los buses comparten la vía con los vehículos de transporte público y privado. La literatura teórica y empírica establece que cuando no existe un carril separado para el sistema, o una garantía de que las estaciones permanecerán, la incertidumbre que se genera hace que la DAP de los demandantes por las propiedades cercanas al sistema no se modifique (Zhang & Wang, 2013; Deng & Nelson, 2013; Hensher & Mulley, 2015). Por esta razón, se delimitó el objeto de estudio a la línea 1 del Metroplús.

² El SITVA constituye un esfuerzo por planear e invertir en infraestructura para un transporte urbano sostenible y se ha convertido en una estrategia muy reconocida a nivel mundial por su habilidad para reclamar espacios públicos y mejorar la calidad de vida. El sistema inició su operación en el año 1995 con la línea A del Metro y cuenta hoy con dos líneas de Metro, tres de Metro Cable, un tranvía, líneas integradas de buses, bicicletas y un sistema BRT.

La principal fuente de información de este trabajo son los datos de la ECVM2010 y ECVM2014, de donde fueron tomados los *precios de vivienda* correspondientes a precios de alquiler reportados por los jefes de hogar entrevistados en el área urbana. Los *atributos de propiedad* incluyen las características estructurales estandarizadas en el trabajo de Can (1992) y el acceso a los servicios públicos incluidos en el trabajo de Medina et al. (2010). Fueron incluidas dos características de barrio: las variables *seguridad* y *pminoría*. La variable de *seguridad* captura la percepción de los entrevistados en vez de una tasa de crimen como en otros estudios porque su influencia sobre la DAP por una vivienda puede estar más ligada a la percepción de los habitantes que a las estadísticas del sistema policial. La variable *pminoría* muestra el porcentaje de entrevistados por barrio que se reconoce como parte de una minoría étnica o no.

Los *amenities* disponibles en cada barrio fueron creados con la geodatabase del POT de Medellín de los años 2006 y 2014, que contiene la ubicación exacta de los equipamientos de salud, educación, recreación, culto, cultura y transporte de la ciudad. Debido a la no disponibilidad de datos para el año 2010, se hizo una comparación de las organizaciones disponibles en el POT2006 y POT2014 y se completó la base de datos a través de informes de prensa, páginas web de las organizaciones o entrevistas telefónicas a las organizaciones posiblemente creadas entre 2006 y 2010 (ver Anexo 2). Se incluyeron también datos sobre la densidad poblacional en cada barrio, calculada con estadísticas provenientes del DANE.

Primero se hizo el proceso de ordenamiento de datos y el análisis de estadística descriptiva. Se realizaron pruebas de diagnóstico sobre regresiones lineales a los datos de cada periodo para identificar *outliers* que pudieran afectar los resultados del estudio. Específicamente, se utilizó la distancia de Cook y el test de Bonferonni para identificar observaciones extremas, y se eliminaron aquellas que estaban mal tabuladas o presentaban inconsistencias entre el precio revelado y las características estructurales y de barrio reportadas. La base de datos final contiene los precios de alquiler reportados por 4.090 jefes de hogar en el 2010 y 4.219 en el 2014, asociados a las características estructurales de cada vivienda y a los *amenities* disponibles en el barrio.

Para la estimación del modelo se ha seleccionado la forma funcional semilogarítmica, considerando los hallazgos de Cropper, Deck y McConnell (1988) sobre las ventajas de las formas funcionales más simples como la lineal y la semilogarítmica en estudios con posibles variables omitidas, o en los que se utilizan *proxies* en lugar de una medida de la variable real, y para comprimir la escala en la que se mide la variable dependiente para ayudar a reducir los problemas de heterocedasticidad. Además, las pruebas para los datos de 2010 y 2014 y la base de datos agregada mostraron una mejor bondad de ajuste de los modelos con forma funcional semilogarítmica sobre los modelos en niveles. De esta forma, la relación entre los precios de vivienda y las demás variables fue determinada por la ecuación:

$$lp_{ijt} = \lambda_t + \alpha_j + D_{1it}\beta + S_{ijt}\rho_{jt} + \gamma N_{jt} + \mu_{ij}, \quad (5)$$

donde los factores varían por las i viviendas, los j barrios y el tiempo t . λ_t y α_j son variables *dummy* de tiempo y de barrio que buscan capturar, primero, cambios generales en el precio e inflación entre 2010 y 2014 y, segundo, efectos de grupo, para disminuir así los problemas por variables omitidas (ver Parmeter & Pope, 2013). S_{ijt} representa las características estructurales de las viviendas, N_{jt} es un vector de características de barrio, y $\mu_{ij} = v_{jt} + \varepsilon_{ijt}$ son choques idiosincráticos, uno que impacta a todo el grupo de viviendas y otro que es específico de cada una, independientemente del tiempo y del barrio.

Finalmente, $D_{1it} = \tau_t M_i$ es la variable de política en la que (M) representa la accesibilidad al Metroplús y toma valores de 1 para las unidades tratadas, definidas como aquellas al interior del área de influencia del sistema, y 0 para las unidades de control. Es decir, M se puede pensar como un índice que captura la utilidad neta o la ganancia económica del residente del hogar por acceder a los servicios del Metroplús. τ_t es la variable que define el momento de la intervención y toma un valor de 1 una vez se ha hecho. La forma funcional elegida implica que los resultados expresan los efectos de las variables sobre tasas de crecimiento. Para las comparaciones de calidad de vida urbana se tomaron los coeficientes del vector de *amenities* como plantea la ecuación (4) y luego, utilizando el modelo simple de diferencias en diferencias, se ha calculado el impacto de la accesibilidad al Metroplús sobre la CVU.

A. Diferencias en diferencias

Para la estimación del efecto de la accesibilidad al Metroplús sobre la CVU en Medellín utilizamos un modelo hedónico cuasiexperimental a través de un estimador de diferencias en diferencias (DD). Su aplicación permite explorar el cambio de estatus de los grupos de tratamiento y de comparación o control en el tiempo, explicar qué parte se puede atribuir al efecto promedio de tratamiento (EPT), y se puede utilizar en contextos de evaluación en los que los datos observacionales para las unidades tratadas y de control están disponibles para antes y después del tratamiento, ya sea para un conjunto de individuos iguales o diferentes. Esto implica que se pueden usar datos de panel o que se puede implementar con datos de sección cruzada repetidos (Cerrulli, 2015). En el caso estudiado, se utilizaron datos de sección cruzada repetidos en los que las viviendas observadas antes y después de la política son diferentes.

Para el análisis, se consideran dos periodos de tiempo t_0 y t_1 ($t_0 < t_1$). t_0 denota el momento del tiempo en que aún no se ha hecho la intervención, en este caso el año 2010, previo a la puesta en marcha del sistema. t_1 representa el momento en que la intervención ya está hecha, el año 2014, cuando ya se había entregado la obra final del sistema. La elección del año 2014 tiene en cuenta que los precios de arrendamiento en Colombia no pueden incrementarse en valores superiores al incremento aprobado por el Gobierno nacional, excepto en caso de cambiar de inquilino³, por lo que se espera que la elección del espacio temporal permita capturar el efecto del Metroplús.

Se supone que el mercado urbano está dividido en el área de influencia del Metroplús o área de tratamiento (M_1) y el área de control (M_0), que no tiene ninguna estación del sistema cercana. El dominio espacial del cuasiexperimento fue determinado utilizando una medida de accesibilidad, calculando el centroide de cada barrio y utilizando la ubicación exacta de las estaciones del Metroplús (latitud y longitud). Alrededor de cada estación se creó⁴ un *buffer* de 1km y se asignó un valor de 1 a todas las observaciones ubicadas en barrios cuyo centroide se ubica al interior del área de influencia, suponiendo que es-

³ En Medellín, la mayor rotación de alquileres se da en la comuna 11 (Laureles –Estadio) con 3 meses, y la menor rotación en el Poblado, con 11 meses en promedio.

⁴ Utilizando ArcGIS.

to implica que la mayor parte de los habitantes del barrio tienen fácil acceso al Metroplús, ya sea caminando o utilizando alguna de las rutas integradas de buses.

El grupo de tratamiento lo constituyen los hogares entrevistados en los barrios con su centroide al interior del *buffer*, y el grupo de control son las viviendas por fuera de esta área de influencia. En total, en 2010 se han identificado grupos de tratamiento y control de 1.051 y 3.039 viviendas respectivamente, mientras que en 2014 esta cifra fue de 1.128 y 3.091. El sistema presta servicio en las zonas nororiental, centro-oriental y suroccidental, y el mayor número de barrios dentro de su área de influencia se encuentran en las comunas 4, 10 y 16 de estrato socioeconómico⁵ predominantemente medio bajo y medio. A pesar de esto, el sistema llega a viviendas de todos los estratos, debido a que en un mismo barrio se pueden encontrar dos o tres estratos diferentes. El Anexo 3 muestra el número de barrios dentro del área de influencia del Metroplús en cada comuna.

El cambio de política, definido como la accesibilidad al Metroplús y materializada una vez este se puso en marcha en diciembre de 2011, ocurre en M_1 en algún momento entre t_0 y t_1 . Así, se puede describir el evento $M_i = 1$ si la vivienda i está en el área de influencia del Metroplús independientemente del tiempo. Si además se define el momento de la intervención como $\tau_t = 1$ y si $t = \tau_t$, la variable $D_{1it} = \tau_t M_i$ captura el efecto de política.

El estimador de diferencias en diferencias (EDD) calcula la diferencia entre dos esperanzas: en la primera cambian el tiempo y el estatus de tratamiento, mientras que en la segunda solamente cambia el tiempo. Si las viviendas en M_1 y M_0 son idénticas, entonces los cambios en los precios en el tiempo capturan el mismo fenómeno, excepto para aquellas viviendas en M_1 que también están afectadas por el cambio de política. Así, la diferencia entre las esperanzas debe poder atribuirse a la implementación del Metroplús. De acuerdo con Parmeter y Pope (2013), esto implica que el efecto causal del EDD se puede describir como la suma de dos piezas, un efecto tiempo:

⁵ En Colombia se han establecido 6 estratos socioeconómicos: las propiedades en estrato 6 tienden a estar en manos de la población con un mayor nivel de ingresos.

$$EDD(tiempo) = (E[P_{0it_1} - P_{0it_0} | X = x, M_i = 1] - E[P_{0it_1} - P_{0it_0} | X = x, M_i = 0]), \quad (6)$$

y un efecto tratamiento:

$$\begin{aligned} EDD(tratamiento) &= (E[P_{1it_1} - P_{0it_0} | X = x, M_i = 1] \\ &\quad - E[P_{0it_1} - P_{0it_0} | X = x, M_i = 1]) \quad (7) \\ &= E[P_{1it_1} - P_{0it_0} | X = x, M_i = 1]. \end{aligned}$$

El efecto tiempo juega un rol importante en la validez de cualquier establecimiento causal, porque si se quiere atribuir la estimación del EDD completamente a la política, el efecto tiempo debe ser cero. Lo interesante del método es que puede ayudar a superar los problemas de variables omitidas, porque si este es cero no es necesario asumir que las dos áreas de vivienda sean idénticas o controlar por todas las diferencias. Es decir, las dos áreas de vivienda pueden diferir sistemáticamente siempre y cuando el cambio en los precios de vivienda a lo largo del tiempo para las dos áreas, en esperanza, se mantenga. De esta manera, en este contexto en el que existen variables inobservables importantes que impactan los precios de vivienda aún es posible estimar el efecto de tratamiento (Parmeter & Pope, 2013).

III. Análisis de resultados

El análisis descriptivo de los datos de la ECVM2010 y ECVM2014, separado entre el área de tratamiento y de control en los escenarios base y de tratamiento respectivamente, permite ver que la media de los precios de alquiler de vivienda es mayor en el área de tratamiento tanto antes como después de la puesta en marcha del Metroplús. A pesar de esto, las tasas de cambio en estos precios son similares en ambos casos: en el periodo 2010-2014, los alquileres se apreciaron 27,80% en el área de tratamiento y 28,73% en el área de control. El promedio en la ciudad fue de 28,50%.

Los atributos de las propiedades constituyen un factor importante de diferenciación: predominan el estrato bajo y medio bajo, los apartamentos pequeños construidos con materiales de calidad, con un solo servicio sanitario y

más de tres cuartas partes no tienen garaje. La cobertura de servicios básicos es similar en comunas de alto y bajo ingreso: los servicios de energía, acueducto y alcantarillado tienen una cobertura casi total en toda la ciudad, y el servicio de gas por red cubre cerca de dos tercios de los hogares entrevistados. Sin embargo, los servicios de teléfono e internet tienen mayor cobertura en las comunas de mayor ingreso (11 y 14).

Se observa que, en ambos periodos, los *amenities* de transporte, salud, educación, cultura, culto, recreación y deportes parecen estar distribuidos equitativamente a lo largo del territorio. Sin embargo, las estaciones del SITVA no tienen presencia en las comunas 6, 7, y 8, de estrato bajo, ni en la 9, de estrato medio bajo. Al estudiar las áreas de influencia de cada estación del SITVA⁶, quedan por fuera del radio de influencia las comunas 6 y 9; además, aunque se encuentra en el área de influencia del Metro y del Metrocable, en la comuna 7 más del 80% de los hogares entrevistados no tiene fácil acceso al sistema. Respecto al acceso al Metroplús, el análisis por áreas de la ciudad permite ver que las tres zonas de mayor influencia del sistema son la nororiental, de estrato predominantemente bajo, y la centro-oriental y suroccidental, de estrato predominantemente medio bajo.

Según los resultados del modelo hedónico cuasiexperimental estimado por mínimos cuadrados ordinarios, presentados en la Tabla 1, se puede ver que en Medellín los precios de alquiler de vivienda incrementan con mejores atributos estructurales: estas variables resultaron significativas y con el signo esperado. Un mayor estatus socioeconómico está asociado con mayores precios, lo cual se puede constatar por la significatividad del estrato socioeconómico y el incremento en la bondad de ajuste al incluir esta variable en el modelo. Este resultado coincide con el planteado por Medina et al. (2010), quienes concluyeron que el estrato es un determinante muy importante de la CVU en Medellín y que el mecanismo de estratificación limita los efectos de las políticas públicas.

⁶ Calculadas con el mismo procedimiento del AI del Metroplús con el propósito de describir la cobertura del SITVA.

Tabla 1. Efecto de la accesibilidad al Metroplús sobre los precios de vivienda en Medellín

| | Coefficiente | Errores estándar robustos |
|--|--------------|---------------------------|
| <i>Características de vivienda</i> | | |
| T | 0,095*** | 0,009 |
| M | 0,040*** | 0,011 |
| Efecto accesibilidad al Metroplús | -0,016 | 0,015 |
| <i>Tipo de vivienda^a</i> | | |
| Casa | -0,049*** | 0,008 |
| Garaje ^a | 0,109*** | 0,013 |
| Número de cuartos | 0,062*** | 0,003 |
| Número de servicios sanitarios | 0,175*** | 0,008 |
| Vivienda con línea de teléfono fijo ^a | 0,034*** | 0,010 |
| Vivienda utiliza gas en pipeta ^a | 0,023* | 0,012 |
| Vivienda con red de gas natural ^a | 0,136*** | 0,012 |
| Vivienda con internet ^a | 0,094*** | 0,008 |
| Vivienda con televisión por cable ^a | 0,047*** | 0,008 |
| <i>Estrato socioeconómico^a</i> | | |
| Estrato 2 | 0,203*** | 0,012 |
| Estrato 3 | 0,528*** | 0,013 |
| Estrato 4 | 0,848*** | 0,018 |
| Estrato 5 | 1,009*** | 0,022 |
| Estrato 6 | 1,270*** | 0,033 |
| <i>Características de Barrio</i> | | |
| Porcentaje minoría | -0,020 | 0,015 |
| Porcentaje entrevistados que se sienten seguros | 0,096*** | 0,025 |
| Estaciones Metro en el barrio | -0,014 | 0,012 |
| Estaciones Metro Cable en el barrio | -0,047** | 0,019 |
| Instituciones educativas | -0,012*** | 0,002 |
| Instituciones educación superior y universidades | 0,023*** | 0,007 |
| Instituciones salud | 0,021*** | 0,006 |
| Organizaciones culturales | -0,008 | 0,005 |
| Organizaciones para el culto y la religión | -0,006* | 0,004 |
| Organizaciones para el deporte y recreación | 0,002 | 0,003 |
| Densidad Poblacional | 0,000*** | 0,000 |
| Constante | 11,333 | 0,047 |
| R- Cuadrado | 0,7566 | |
| N | 8.309 | |

Nota: estimación de MCO con errores estándar robustos para controlar por heterocedasticidad. ^aNiveles de referencia: Apartamento, vivienda sin garaje, sin teléfono fijo, sin gas en pipeta, sin gas natural, sin internet, sin televisión por cable y Estrato 1. Significancia: *** p<0,01; ** p<0,05; * p<0,1.

Fuente: elaboración propia.

En línea con lo esperado, percibir el barrio en que se reside como un lugar seguro, y vivir cerca de instituciones prestadoras de servicios de salud y de universidades, tiene un efecto significativo y positivo sobre las tasas de

crecimiento de los precios de alquiler de vivienda. El número de instituciones educativas, culturales, estaciones de Metro Cable y organizaciones para el culto y la religión en el barrio son variables significativas, asociadas con tasas de crecimiento negativas de los precios.

Respecto al impacto de la accesibilidad al Metroplús, la variable que captura el efecto de la puesta en marcha del Metroplús sobre las tasas de crecimiento de los precios en el periodo 2010-2014 resultó ser negativa y no significativa. Este resultado se debe a que antes de poner en marcha el Metroplús existían diferencias entre ambas zonas que incidían en los precios y, por tanto, la diferencia del valor medio de los precios entre los grupos de tratamiento y control en 2010 y 2014 está influenciada por otras variables diferentes a la puesta en marcha del Metroplús (Anexo 4). Sin embargo, no se puede inferir que este sea el mismo efecto en cada zona de la ciudad, y por esta razón es importante estudiar las diferencias en la calidad de vida urbana por zonas.

Utilizando los coeficientes de los *amenities* con un efecto significativo sobre las tasas de crecimiento de los precios de alquiler de vivienda, se estimó el ICVU para cada barrio y comuna, siguiendo la ecuación (7).

$$ICVU = 0,096 * pseguros - 0,047 * ncable - 0,012 * ncolegio + 0,023 * nunisup + 0,021 * nsalud - 0,006 * nculto. \quad (8)$$

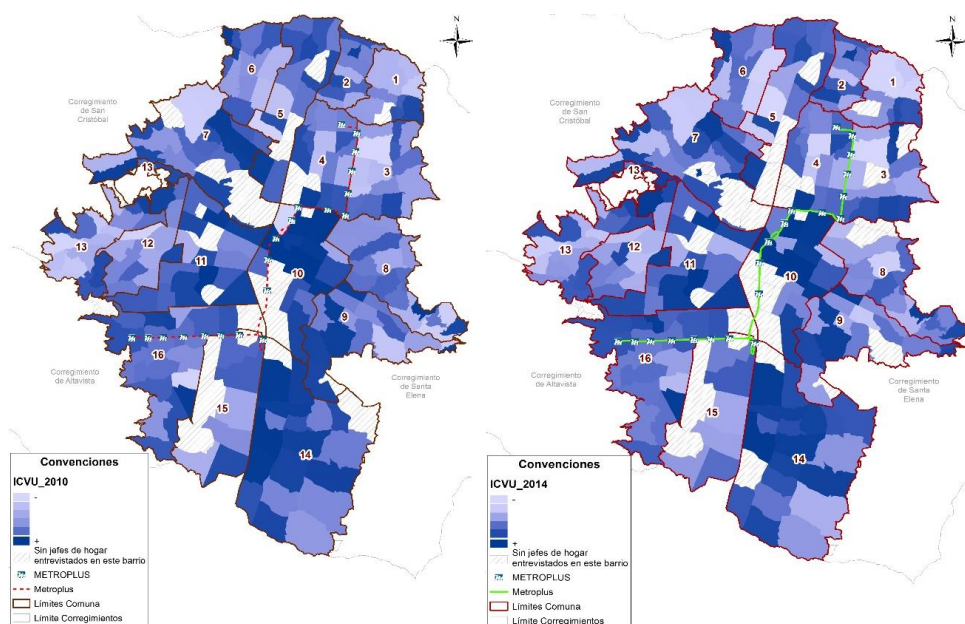
En concordancia con los planteamientos teóricos, el ICVU por barrios y comunas está positivamente correlacionado con el precio, lo que indica que las personas están dispuestas a pagar más por tener acceso a los *amenities* que tienen un efecto positivo sobre su CVU. El índice de autocorrelación espacial⁷ del ICVU en 2010 y 2014 es de 0,19 y 0,11 respectivamente, que al ser distinto de cero indica que los barrios con mayor nivel de CVU tienden a estar cerca unos de otros. Igualmente, muestra que en la ciudad la segregación socioeconómica de la CVU tuvo una leve reducción en el periodo estudiado.

El ranking de CVU por comunas en Medellín (Anexo 5) muestra que en ambos años se mantuvieron en el primer lugar la comuna 10 y en el último

⁷ Se estimó el índice de Moran que toma valores de [-1,1], acercándose a 1 si existe asociación positiva entre vecinos, y -1 en el caso contrario.

la comuna 1. La comuna 10 (La Candelaria) es el centro fundacional, histórico y patrimonial de la ciudad, y por su ubicación y fácil acceso concentra un importante número de *amenities*: en 2014 contaba con 8 instituciones de educación superior, 6 universidades y 15 organizaciones prestadoras de servicios de salud, las cuales tienen un efecto positivo sobre la CVU en Medellín. Al interior de la comuna se pueden encontrar 4 estaciones de la línea 1 del Metroplús y 7 estaciones del Metro, gracias a esto 14 de sus 17 barrios están en el área de influencia del SITVA. Los resultados por barrio fueron georreferenciados y se presentan en el Mapa 1, en el que los colores más oscuros indican mayor CVU.

Mapa 1. Distribución espacial de la calidad de vida urbana en Medellín, 2010 y 2014



Nota: *se presentan en blanco los espacios de la ciudad para los que no se ha calculado un ICVU por ser espacios públicos (aeropuertos, parques o cerros tutelares), o por no tener entrevistados en la ECVU2010 y ECVU2014.

Fuente: elaboración propia.

A diferencia de esto, la comuna 1 se caracteriza por ser una formación espontánea, no planificada, y está ubicada en una zona topográfica que dificulta el desarrollo arquitectónico y la movilidad. En ella reside la mayor cantidad de personas de estrato bajo – bajo en la ciudad (37,05 % del total de sus habitantes). Respecto a los *amenities* que tienen un efecto negativo sobre la calidad de vida urbana, se encuentran 31 instituciones educativas (escuelas y colegios) y 12 iglesias. Todos los habitantes de la comuna están en el área de influencia del Metrocable Línea K, y tres de sus barrios tienen acceso al Metroplús.

Las comunas con mayor acceso al Metroplús presentaron cambios diferentes en su CVU entre 2014 y 2010. La comuna 3, ubicada en la zona nororiental, subió una posición, mientras que las comunas 16 y 10 se mantuvieron en la misma posición. La comuna 4 pasó de la posición 12 en 2010 a la 13 en 2014 y la comuna 8 bajó dos posiciones en el ranking. Se puede observar una disminución en la CVU de los barrios de las Comunas 4 y 8, especialmente los más cercanos a las estaciones del Metroplús. Esto se refleja en los resultados del modelo de diferencias en diferencias estimado para establecer el efecto de la accesibilidad al Metroplús sobre el cambio en la CVU en los barrios de Medellín en el periodo 2010-2014. Debido a que el índice está calculado a nivel de barrio, el modelo se enfoca en la diferencia entre los barrios del área de tratamiento y de control.

Como podemos observar en la Tabla 2, hay un impacto positivo y significativo de la puesta en marcha del sistema BRT sobre la CVU, aunque de muy baja magnitud, lo que puede estar influenciado por la distribución espacial de los entrevistados y por la percepción que tienen los habitantes de cada zona de los cambios generados por la puesta en marcha del sistema, como confirma el estudio de percepción de imagen del Metroplús⁸. Tanto en 2010 como en 2014, la mayor parte de los entrevistados dentro del área de influencia del Metroplús estaban ubicados en la zona nororiental y centro-oriental (50,74 % y 49,85 %, respectivamente). Por su parte, en la zona nororiental, los entrevistados expresan sentido de pertenencia hacia el sistema y lo perciben como un elemento de renovación de los barrios, especialmente de Manrique

⁸ La investigación fue realizada por Metroplús S.A. en 2015, en 10 barrios de las 6 zonas de la ciudad y entregado para este estudio por el área de comunicaciones de la organización.

(comuna 3), pero presentan quejas sobre su operación y manifiestan inconformidad porque al entrar en operación se eliminaron los demás medios de transporte público, y muchas zonas se quedaron sin transporte. Esto afecta negativamente sus condiciones de vida, porque en algunos barrios no se puede acceder fácilmente al Metroplús.

Tabla 2. *Impacto del Metroplús sobre la calidad de vida urbana*

| Observaciones | 2010 | 2014 | Total |
|---------------|------|------|-------|
| Control | 186 | 186 | 372 |
| Tratamiento | 63 | 63 | 126 |
| N* | 249 | 249 | 498 |

Variable respuesta: ICVU

| 2010: Escenario base | | | 2014: Seguimiento | | | Impacto DD |
|----------------------------|--------------------------------|-------------------|----------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------|
| Media grupo de Control (C) | Media grupo de Tratamiento (T) | Diferencia (T-C) | Media grupo de Control (C) | Media grupo de Tratamiento (T) | Diferencia (T-C) | |
| 0,027 | 0,026 | -0,001 [0,001] | 0,031 | 0,035 | 0,004*** [0,001] | 0,005*** [0,002] |

Notas: *número de barrios entrevistados por año. Covariables utilizadas en estimación con MCO. Errores estándar en []. Significancia: *** $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; * $p < 0,1$.

Fuente: elaboración de los autores con base en la EECV (2015).

En la zona centro se detecta la mayor inconformidad con el sistema BRT porque no se ve orden, la ubicación de las estaciones no es clara y no hay posibilidades de carril propio para la Línea 2; a su vez, ninguno de los entrevistados considera que el Metroplús haya tenido un efecto en la transformación del sector. En la zona suroccidental, especialmente en la comuna 16, los entrevistados relacionan al Metroplús con progreso y cambios positivos en el medio ambiente, como una evidente disminución de polvo. Así mismo, los habitantes de la zona valoran mucho su aporte a la calidad de vida y su conectividad con el SITVA. Estas percepciones sugieren un efecto positivo del Metroplús sobre la CVU en la zona suroccidental, así como un efecto desfavorable en la zona centro y nororiental, especialmente en las comunas 3, 8, 9 y 10.

Comentarios finales

Este artículo estima el efecto de la accesibilidad al Metroplús sobre la Calidad de Vida Urbana en Medellín. Para hacerlo, utiliza el enfoque hedónico de CV, midiéndola como un agregado de la contribución al bienestar de cada uno de los *amenities* disponibles en el lugar en que se reside. Esto bajo el supuesto de que las personas están dispuestas a pagar un mayor precio por una vivienda que les permite acceder a un mayor número de *amenities* que tienen un efecto positivo sobre su bienestar.

Si bien se encontró un efecto positivo de la accesibilidad al Metroplús sobre la CVU en Medellín, este es de baja magnitud debido a que los resultados de la implementación de este sistema difieren a lo largo del territorio urbano, lo que también se ve reflejando en el efecto no significativo encontrado sobre los precios de alquiler en toda la ciudad. El efecto en la CVU es positivo en la zona suroccidental, en donde el sistema se asocia con incrementos en la movilidad y en la que fue implementado sin desplazar los demás medios de transporte. Esto deja en evidencia la importancia de que los sistemas BRT mejoren los tiempos de viaje al interior de la ciudad y sean accesibles a toda la comunidad, así como el papel fundamental que tienen en la reconfiguración de las áreas cercanas.

El análisis de los resultados a la luz de la teoría y el estudio de percepción del Metroplús muestran, en primer lugar, la alta dependencia que tiene el impacto de los sistemas de transporte BRT a la percepción de los habitantes ubicados en su área de influencia: para que su efecto sea positivo es necesario que las familias perciban que el sistema es permanente, de fácil acceso y que mejora sus condiciones. En segundo lugar, la importancia que tienen las estaciones permanentes y la existencia de un carril propio para que la construcción de estos esquemas genere efectos positivos sobre los precios de vivienda y la CVU. Por último, la importancia de validar con la comunidad beneficiaria la implementación de estos sistemas para garantizar un efecto positivo y significativo sobre su CVU.

Vale la pena mencionar que el contexto específico de Medellín presenta un desafío en la evaluación de políticas, debido a la cantidad de intervenciones realizadas durante los últimos diez años, la mayor parte de ellas con el objetivo

de generar impactos positivos sobre la CV. Además, esta investigación no dispone de información sobre los metros cuadrados de las viviendas, lo que permitiría encontrar una medida de $\$/m^2$ y presentar un modelo agregado que pudiera confirmar y dar robustez a los resultados. Tampoco se conoce la ubicación exacta de las viviendas, lo que haría posible establecer si el signo y la magnitud del efecto persiste a través de todo el *buffer* de 1km creado para el estudio o si es negativo en áreas específicas del mismo, como en el estudio de Duque, Velásquez y Agudelo (2011), en el cual el efecto de la cercanía a una estación del Metro es positivo, pero es negativo en zonas muy cercanas a la estación.

A pesar de esto, este primer esfuerzo provee valiosa información respecto al efecto del sistema BRT sobre la CVU y las características ambientales y estructurales que influyen los precios de las viviendas en la ciudad. Como tal, proporciona una línea base de investigación y abre la puerta para estudios futuros en los que se puedan validar, utilizando otros datos y metodologías, los efectos del Metroplús y el SITVA sobre la calidad de vida de los habitantes de Medellín, y las acciones de política más apropiadas. Más allá de esto, contribuye al conocimiento sobre el impacto de los sistemas BRT en la CV y los resultados de las políticas de transporte en América Latina, un tema fundamental en la agenda de los hacedores de política debido al acelerado crecimiento de las áreas urbanas en la región.

Anexos

Anexo 1. Esquema SITVA 2016 y proyección 2030



Fuente: www.metrodemedellin.com

Anexo 2. Distribución espacial de los amenities 2010 y 2014

| Comuna | STIVA* | | Salud | | Educación** | | Culturales | | Religiosos | | Deporte y recreación | |
|-------------------------|---------|------------|-------|------|-------------|-----------|------------|------|------------|------|----------------------|------|
| | 2010 | 2014 | 2010 | 2014 | 2010 | 2014 | 2010 | 2014 | 2010 | 2014 | 2010 | 2014 |
| 1 – Popular | 2MC | 2MC | 3 | 3 | 40C | 43C | 4 | 4 | 12 | 12 | 11 | 13 |
| 2 – Santa Cruz | 1MC | 1MC | 3 | 3 | 22C | 22C | 2 | 2 | 9 | 9 | 10 | 11 |
| 3 – Mañrique | 0 | 5MP | 3 | 3 | 34C | 39C | 3 | 4 | 15 | 15 | 13 | 15 |
| 4 – Aranjuez | 4M | 7MP, 4M | 5 | 5 | 38C, 2SU | 40C, 2SU | 7 | 8 | 12 | 12 | 6 | 9 |
| 5 – Castilla | 3M | 3M | 5 | 5 | 34C, 2SU | 35C, 2SU | 4 | 4 | 12 | 13 | 29 | 29 |
| 6 – Doce de Octubre | 0 | 0 | 4 | 4 | 29C | 30C | 6 | 6 | 11 | 12 | 16 | 16 |
| 7 – Robledo | 1MC | 1MC | 9 | 9 | 38C, 9SU | 44C, 9SU | 2 | 2 | 29 | 29 | 22 | 24 |
| 8 – Villa Hermosa | 0 | 0 | 6 | 6 | 42C, 4SU | 49C, 4SU | 2 | 3 | 20 | 21 | 30 | 36 |
| 9 – Buenos Aires | 0 | 0 | 4 | 5 | 32C, 1SU | 35C, 1SU | 1 | 1 | 16 | 16 | 13 | 13 |
| 10 – La Candelaria | 13M† | 8MP†, 13M† | 19 | 18 | 22C, 25SUP | 23C, 25SU | 17 | 17 | 22 | 22 | 6 | 6 |
| 11 – Laureles – Estadio | 4M† | 4M† | 7 | 7 | 13C, 4SU | 13C, 4SU | 4 | 4 | 14 | 14 | 3*** | 3*** |
| 12 – La América | 3M† | 3M† | 2 | 3 | 22C | 24C | 4 | 4 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 13 – San Javier | 1M, 2MC | 1M, 2MC | 4 | 4 | 27C | 28C | 1 | 2 | 14 | 14 | 29 | 29 |
| 14 – Bobbado | 3M† | 3M† | 9 | 10 | 19C, 3SU | 19C, 3SU | 4 | 5 | 9 | 9 | 2 | 4 |
| 15 – Guayabal | 2M† | 2M† | 3 | 3 | 16C | 16C | 2 | 4 | 9 | 11 | 14 | 15 |
| 16 – Belén | 0 | 9MP | 7 | 7 | 30C, 3SU | 30C, 3SU | 3 | 3 | 20 | 20 | 21 | 24 |

Notas: *M: Metro, MC: Metrocable, MP: Metroplus, ** C: Instituciones educativas, SU: Instituciones de educación superior y universidades, ***Una de estas es la Unidad Deportiva Atanasio Girardot, que cuenta con espacios para la práctica de 37 disciplinas deportivas. †Estraciones en la frontera de dos comunas, se cuentan para ambas.
Fuente: elaboración propia.

Anexo 3. Barrios por comuna dentro del área de influencia del Metroplús

| Comuna | Barrios | AI Metroplús |
|-------------------------|---------|--------------|
| 1 – Popular | 12 | 3 barrios |
| 2 – Santa Cruz | 11 | 3 barrios |
| 3 – Manrique | 15 | 7 barrios |
| 4 – Aranjuez | 14 | 12 barrios |
| 5 – Castilla | 14 | 1 barrio |
| 6 – Doce de Octubre | 12 | |
| 7 – Robledo | 22 | |
| 8 – Villa Hermosa | 18 | 3 barrios |
| 9 – Buenos Aires | 17 | |
| 10 – La Candelaria | 17 | 12 barrios |
| 11 – Laureles – Estadio | 15 | 4 barrios |
| 12 – La América | 12 | |
| 13 – San Javier | 19 | |
| 14 – Poblado | 22 | 1 barrio |
| 15 – Guayabal | 7 | 2 barrios |
| 16 – Belén | 21 | 15 barrios |

Fuente: elaboración propia.

Anexo 4. Impacto del Metroplús sobre los precios de vivienda

| Observaciones | 2010 | 2014 | Total |
|---------------|-------|-------|-------|
| Control | 3.039 | 3.091 | 6.130 |
| Tratamiento | 1.051 | 1.128 | 2.179 |
| N | 4.090 | 4.219 | 8.309 |

Variable respuesta: LnP

| 2010: Escenario base | | | 2014: Seguimiento | | | Impacto |
|----------------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------------|--------------------------------|---------------------|-------------------|
| Media grupo de Control (C) | Media grupo de Tratamiento (T) | Diferencia (T-C) | Media grupo de Control (C) | Media grupo de Tratamiento (T) | Diferencia (T-C) | |
| 10,807 | 10,844 | 0,037**** [0,011] | 10,905 | 10,928 | 0,023*** [0,011] | -0,015 [0,010] |

Nota: estimación utilizando las mismas covariables de la Tabla 1. Errores estándar en []. R-cuadrado: 0,76. Significancia: *** $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; * $p < 0,1$.

Fuente: elaboración propia.

Anexo 5. Ranking de comunas por nivel de CVU, 2010-2014

| ICVU2010 | | | ICVU2014 | |
|----------|-----------|--------|-----------|--------|
| 1 | Comuna 10 | 0,645 | Comuna 10 | 0,593 |
| 2 | Comuna 11 | 0,074 | Comuna 14 | 0,044 |
| 3 | Comuna 14 | 0,058 | Comuna 11 | 0,037 |
| 4 | Comuna 15 | -0,098 | Comuna 15 | -0,152 |
| 5 | Comuna 16 | -0,189 | Comuna 16 | -0,219 |
| 6 | Comuna 7 | -0,198 | Comuna 12 | -0,233 |
| 7 | Comuna 12 | -0,208 | Comuna 2 | -0,254 |
| 8 | Comuna 2 | -0,223 | Comuna 7 | -0,299 |
| 9 | Comuna 5 | -0,250 | Comuna 6 | -0,299 |
| 10 | Comuna 6 | -0,258 | Comuna 5 | -0,301 |
| 11 | Comuna 9 | -0,285 | Comuna 13 | -0,333 |
| 12 | Comuna 4 | -0,300 | Comuna 9 | -0,334 |
| 13 | Comuna 8 | -0,334 | Comuna 4 | -0,356 |
| 14 | Comuna 13 | -0,364 | Comuna 3 | -0,442 |
| 15 | Comuna 3 | -0,370 | Comuna 8 | -0,445 |
| 16 | Comuna 1 | -0,510 | Comuna 1 | -0,567 |

Fuente: elaboración propia.

Referencias

- ALCALDÍA DE MEDELLÍN (2011). *Proyecciones de Población 2006-2015. Por comunas y corregimientos*. Medellín, Colombia: DANE - Municipio de Medellín.
- ANSELIN, Luc & LOZANO-GRACIA, Nancy (2009). "Spatial Hedonic Models". En: Mills, T. & Patterson, K. (Eds.), *Palgrave Handbook of Econometrics. Volume 2 - Applied Econometrics* (pp. 1213-1250). New York: Palgrave MacMillan.
- ARNOTT, Richard & McMILLEN, Daniel (Eds.) (2006). *A Companion to Urban Economics*. Boston: Blackwell Publishing Ltd.
- BLOMQUIST, Glenn; BERGER, Mark & HOEHN, John (1988). "New Estimates of Quality of Life in Urban Areas", *American Economic Review*, Vol. 78, No. 1, pp. 89-107.

- BLOMQUIST, Glenn (2005). "Quality of life". En: Arnott, R. & McMillen, D. (Eds.), *A companion to urban economics* (pp. 483-500). Boston: Blackwell Publishing.
- BOARNET, Marlon (2007). *Conducting Impact Evaluation in Urban Transport*. Washington: The World Bank.
- BRAND, Peter & DÁVILA, Julio (2011). "Movility innovation at the urban margins: Medellin's Metrocables", *City*, Vol. 15, No. 6, pp. 647-661.
- CAN, Ayse (1992). "Specification and estimation of hedonic housing price models", *Regional Science and Urban Economics*, Vol. 22, No. 3, pp. 453-474.
- CERULLI, Giovanni (2015). *Econometric evaluation of socio-economic programs. Theory and Applications*. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- CROPPER, Maureen; DECK, Leland & MCCONNELL, Kenenth (1988). "On the choice of functional forms for hedonic price functions", *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 70, No. 4, pp. 668-675.
- DENG, Tatao & NELSON, John (2013). "Bus Rapid Transit implementation in Beijing: An evaluation of performance and impacts", *Research in Transportation Economics*, Vol. 39, No. 1, pp. 89-107.
- DUQUE, Juan Carlos; VELÁSQUEZ, Hermilson & AGUDELO, Jorge (2011). "Infraestructura pública y precios de vivienda: una aplicación de regresión geográficamente ponderada en el contexto de precios hedónicos", *Ecos de Economía*, Vol. 15, No. 33, pp. 95-122.
- EDDINGTON, Sir Rod (2006). *The Eddington transport study: The case for action: Sir Rod Eddington's advice to Government*. Londres: Department for Transport.
- GIANNIAS, Dimitrios (1998). "Labour quality and wage differentials", *Scottish Journal of Political Economy*, Vol. 45, pp. 188-197.
- GYOURKO, Joseph & TRACY, Joseph (1989). "The Importance of Local Fiscal Conditions in Analyzing Local Labor Markets", *Journal of Political Economy*, Vol. 97, No. 5, , pp. 1208-1231.

- GLAESER, Edward (2010). *Agglomeration Economics*. Chicago: University of Chicago Press.
- HAM, Andres (2011). “La calidad de vida en los barrios de Buenos Aires: Estimaciones hedónicas de la valuación de los amenities urbano y su distribución espacial”. *Serie Documentos de trabajo*, Universidad Nacional de la Plata. Recuperado de: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/3314> (25 de octubre de 2015).
- HENSHER, David & MULLEY, Corinne (2015). “Modal Image: candidate drivers of preference differences for BRT and LRT”, *Transportation*, Vol. 42, No. 1, pp. 7-23.
- LAMBIRI, Dionysia; BIAGI, Bianca & ROYUELA, Vicente (2006). “Quality of life in the Economic and Urban Economic literature”, *Social Indicators Research*, Vol. 84, pp.1-25.
- LEE, Richard & SENER, Ipek (2016). “Transportation and Quality of Life: Where do they intersect?”, *Journal of Transport and Health*, Vol. 2, pp.146-155.
- LORA, Eduardo; POWELL, Andrew; VAN PRAAG, Bernard & SANGUINETTY, Pablo (Eds.) (2010). *The quality of life in Latin American Cities*. Washington DC.: The Inter-American Development Bank.
- MEDINA, Carlos; MORALES, Leonardo & NÚÑEZ, Jairo (2010). “Quality of life in urban neighborhoods of Bogotá and Medellín, Colombia”. En: Lora, et al. (Eds.) *The quality of life in Latinamerican Cities* (pp. 117-160). Washington DC.: The Inter-American Development Bank.
- PARMETER, Christopher & POPE, Jaren (2013). “Quasi-Experiments and Hedonic Property Value Methods”. En: List, J. (Ed.) *Handbook on Experimental Economics and the Environment* (pp. 3-66). Chicago: Edward Elgar Publishing.
- PERDOMO, Jorge & ARZUZA, María (2015). “Beneficios económicos de Transmetro sobre la reducción de la accidentalidad vial en el área metropolitana de Barranquilla, Colombia”, *Lecturas de Economía*, No. 82, pp. 219-245.

- ROSEN, Sherwin (1974). "Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition", *Journal of Political Economy*, Vol. 82, pp. 34-55.
- SCHNEIDER, Ingrid (2013). "Quality of live: Assesment for transportation performance measures". *Minnesota Department of Transportation, Research Services Report*. Recuperado de: <http://www.dot.state.mn.us/research/TS/2013/201305.pdf>.
- THYNELL, Marie (2009). "Social change and urban transport", *Transport Policy Advisory Series*, No. 2. Division 44 Water, Energy and Transport German Technical Cooperation, GTZ.
- ZHANG, Ming & WANG, Lanlan (2013). "The impacts of mass transit on land development in China: The case of Beijing", *Research in Transportation Economics*, Vol. 40, pp. 124-133.