



Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Económicas



Escuela de Estudios de Posgrado
Maestría en Economía
Trabajo Final de Maestría

**EL IMPACTO DEL METROPLÚS EN LA CALIDAD DE VIDA URBANA DE
MEDELLÍN, COLOMBIA**

Maestrando:
Luz Yadira Gómez Hernández

Directora:
Viktoriya Semeshenko

2016

EL IMPACTO DEL METROPLÚS EN LA CALIDAD DE VIDA URBANA DE MEDELLÍN, COLOMBIA

Luz Yadira Gómez Hernández

Resumen

Los sistemas de Buses de Transporte Rápido (BRT) han ganado importancia en los últimos años como una alternativa para un transporte urbano sostenible de menor costo que los trenes. El objetivo de este trabajo es establecer el impacto del Metroplús, el sistema BRT de Medellín, sobre la Calidad de Vida Urbana (CVU) de sus habitantes, medida como un agregado de la contribución al bienestar de cada uno de los *amenities* disponibles en el lugar en que se reside. Para esto, se utilizaron datos de corte transversal repetidos provenientes de la Encuesta de Calidad de Vida de Medellín 2010 y 2014 e información de los *amenities* de barrio disponibles en los Planes de Ordenamiento Territorial 2006 y 2010. 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 cuasi experimental que permite establecer los *amenities* significativos y con estos resultados se calcula 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 Calidad de Vida Urbana en el periodo 2010 – 2014 y su magnitud refleja los resultados en las diferentes zonas de la ciudad.

Palabras clave: Calidad de vida urbana, Transporte público, Sistemas de buses rápidos, Inversión pública. Modelo de precios hedónicos, Estimador de diferencias en diferencias.

Código JEL: R580, R530, O180.

IMPACT OF METROPLUS IN THE URBAN QUALITY OF LIFE OF MEDELLIN, COLOMBIA

Abstract

Bus Rapid Transit (BRT) systems have emerged in recent years as an alternative for sustainable urban transport with lower costs than rail transit. This paper aims to establish the impact of the Metroplús, the BRT system of Medellín, on the Urban Quality of Life (UQL), measured as the aggregate contribution of the amenities available in each neighborhood for the welfare of its residents. Using repeated cross-section data from the Encuesta de Calidad de Vida de Medellín 2010 and 2014, and information on the amenities available in the Planes

de Ordenamiento Territorial 2006 and 2010. As a whole, the research used 4,091 observations in 2010 and 4,219 in 2014. Through the estimation of a cuasi-experimental hedonic model the amenities with significant coefficient were identified to calculate the UQL Index. The results show that the implementation of the Metroplús had a positive and significant effect on the Urban Quality of Life over the 2010 to 2014 time period. The magnitude of the effect shows differences in its results across the urban area.

Keywords: Urban quality of life, Public transportation, Bus Rapid Transit System, Public investment. Hedonic price model, Difference in difference estimator.

JEL Codes: R580, R530, O180

1 INTRODUCCIÓN

Medellín es la segunda ciudad más importante de Colombia y en los últimos 10 años se ha convertido en un ejemplo de renovación y en sinónimo de competitividad, desarrollo e impulso económico. Esto se ha logrado a través de la voluntad política que ha concentrado esfuerzos e inversiones en proyectos de infraestructura así como programas de innovación, educación y empleo. Los beneficios de estos esfuerzos son evidentes y “la historia de la transformación de esta ciudad encierra importantes lecciones para las zonas urbanas de todo el mundo” (Stiglitz, 2014).

Uno de los proyectos más importantes de la ciudad es el Sistema Integrado de Transporte del Valle de Aburrá (SITVA), un sistema pionero en Colombia pues incorporó el primer y único sistema Metro en el país, que se ha convertido en referente en la implementación de un sistema de transporte inclusivo, sostenible y limpio¹. El SITVA inició su operación en 1995 y actualmente está integrado por el sistema Metro, dos líneas del sistema de Buses de Tránsito Rápido (BRT, por sus siglas en inglés), denominado Metroplús; dos líneas de un sistema de tipo teleférico, un tranvía, un sistema de bicicletas y rutas alimentadoras de buses.

Para muchos expertos, este sistema es un foco de desarrollo y transformación urbana que ha puesto fin al aislamiento geográfico de las áreas periféricas de la ciudad y ha tenido un impacto positivo sobre las condiciones de vida de sus habitantes (Stiglitz, 2014). Sin

¹ El SITVA ha recibido, entre otros, el ‘*Sustainable Transport Award 2012*’ otorgado por el *Institute for Transportation and Development Policy*.

embargo, existe poca evidencia empírica que soporte estos postulados; el único trabajo encontrado hasta la fecha, es el de Brand & Dávila (2011), quienes se proponen medir el impacto del Metrocable – Línea K² sobre los niveles de pobreza, utilizando datos recolectados en encuestas de percepción sin llegar a concluir sobre la magnitud y el alcance del mismo.

Esto pone en evidencia la necesidad de ahondar en el tema y adoptar una metodología que permita valorar la importancia que tiene el transporte en la calidad de vida en Medellín pues ciertamente estos efectos varían teniendo en cuenta las especificidades de cada barrio. Ignorarlas puede traducirse en la implementación de sistemas sub-óptimos y rediseños de infraestructura en el futuro, con un alto costo social y económico. Bajo estos elementos, este trabajo se propone estudiar los efectos que la accesibilidad al Metroplús, medida como la cercanía a una de sus estaciones, ha tenido sobre la calidad de vida de los habitantes de Medellín y hacer comparaciones entre barrios y comunas, utilizando el enfoque hedónico de calidad de vida.

El concepto de calidad de vida utilizado se basa en el modelo planteado inicialmente por Rosen (1974) de acuerdo con el cual la contribución de los *amenities* o características disponibles en un barrio, como seguridad, dispositivos culturales, de educación, de salud o transporte, al bienestar de los habitantes de una ciudad es revelada a través de los precios de la vivienda y puede estimarse utilizando una regresión hedónica. Siguiendo a Blomquist (2005), la valoración implícita en la regresión de precios hedónicos, puede utilizarse para calcular un Índice de Calidad de Vida Urbana (ICVU) bajo el supuesto de que los consumidores están dispuestos a pagar más por los *amenities* que mejoran sus condiciones de vida.

El Metroplús, es el sistema de Buses Rápidos de Medellín, que fue puesto en marcha en el año 2011 y atraviesa la ciudad de oriente a occidente conectándose en varias estaciones con el Metro línea A que va de norte a sur. Se ha seleccionado como objeto de estudio por dos razones. En primer lugar, los sistemas BRT han ganado popularidad en el mundo en los últimos 15 años como una alternativa efectiva para un transporte urbano sostenible, por su menor costo comparado con los sistemas de trenes (Rodríguez & Targa, 2004; Deng &

² El metrocable es el sistema de transporte de tipo teleférico y subtipo cable aéreo para movilización urbana de tránsito rápido de la ciudad de Medellín. La línea K atraviesa las comunas 1 “Popular” y 2 “Santa Cruz” y se conecta con la línea A del Metro de Medellín.

Nelson, 2013), lo que se ve reflejado en la aparición de sistemas BRT urbanos en 15 países latinoamericanos, y 8 ciudades colombianas.

Segundo, la disponibilidad de datos antes y después de la puesta en marcha de este sistema, permite hacer una evaluación de impacto, lo que no ocurre con otros esquemas del SITVA. El modelo de regresión de diferencias en diferencias utilizado ayuda a reducir el sesgo por variables omitidas y a eliminar el efecto por diferencias pre-existentes entre las viviendas ubicadas dentro del área de acceso al Metroplús y el resto de la ciudad. La estimación recurre a datos de sección cruzada repetidos provenientes de la Encuesta de Calidad de Vida de Medellín (ECVM) para los años 2010 y 2014, de los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) de Medellín 2006 y 2014 y estadísticas demográficas³ del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

En este orden de ideas, el trabajo se divide en cinco apartados. El segundo presenta el marco teórico y la revisión de estudios empíricos previos. El tercero presenta el diseño de la investigación, con todas las consideraciones respecto a la delimitación del objeto de estudio, su dominio espacial y temporal, la elección de la forma funcional, los datos y el método de estimación. En el apartado cuatro se encuentran los resultados y el apartado cinco presenta las conclusiones y discusión.

Este estudio aporta a la investigación previa sobre los efectos de los sistemas BRT en los precios de las viviendas y al análisis de calidad de vida urbana de diferentes formas. Es el primer esfuerzo por analizar los efectos sobre la calidad de vida del sistema BRT en Medellín y el primero en analizar la relación de causalidad entre la CVU y algún esquema del SITVA. Por tanto, es una línea base para el estudio sobre los patrones de bienestar al interior de la ciudad. Segundo, aporta a la literatura sobre los efectos de los sistemas BRT en la CVU, dado que a la fecha no se ha encontrado ningún trabajo que utilice este enfoque. Tercero, los datos utilizados contienen más información que otros estudios sobre el impacto de un esquema BRT en los precios de vivienda en Colombia (como los de Rodríguez & Targa, 2004; Rodríguez & Mojica, 2009 y Perdomo, 2011; en el TransMilenio de Bogotá).

2 CALIDAD DE VIDA URBANA Y TRANSPORTE

El concepto de calidad de vida, tradicionalmente asociado con factores como el Producto Interno Bruto (PIB) y el costo de vida que tienen un efecto directo sobre las posibilidades de consumo de los agentes, ha evolucionado desde la década de 1970 a una

³ Proyecciones de población para el año 2010 y 2014.

definición más compleja y multifactorial. De acuerdo con Wingo (1973), por sus características, la calidad de vida se puede analizar como un bien económico: privado porque es escasa y para conseguirla los agentes deben estar dispuestos a renunciar a otros bienes que los hacen felices; como un bien público y por tanto, es necesario asignar recursos gubernamentales para conseguirla. Adicionalmente, los hogares y las firmas toman decisiones sobre su localización basándose en consideraciones sobre el nivel de calidad de vida en los lugares a los que podrían mudarse.

Para 1979, Gillingham & Reece, plantearon que la calidad de vida es resultado de la satisfacción que alcanza un individuo por el consumo de bienes de mercado, ocio, bienes públicos, y las características físicas y sociales del ambiente en el que está localizado. Un cambio fundamental en la concepción de la calidad de vida llega con los trabajos de Sen (1987) quien reconoce al consumo y el ingreso como componentes de la calidad de vida, pero pone en el centro del concepto la capacidad de alcanzar la libertad, que asocia con las oportunidades que tiene un individuo. La posesión de mercancías y la opulencia son importantes pero no son suficientes porque “las mercancías no son más que medios para otros fines, al final, el foco debe estar en la vida que llevamos y en lo que podemos o no podemos ser, en lo que podemos o no podemos hacer” (Sen, 1987, p. 36).

Basado en la visión de Sen, Slottje (1991) se plantea un análisis más amplio del concepto, considerando el consumo, medido a través del PIB, y la expectativa de vida de una comunidad así como el ambiente económico y político en el que se vive. En la literatura económica actual (Sen, 2011), el concepto comprende el bienestar total de una persona, tanto objetivo como subjetivo: la cantidad y calidad de bienes como comida y bebida, vivienda, transporte y entretenimiento a los que tiene acceso, el tiempo libre para invertir en actividades que generan felicidad, y las condiciones ambientales y sociales del entorno, que pueden estar relacionadas con características geográficas como un clima agradable, aire fresco, agua limpia y atributos del lugar en que se reside como la seguridad, las instituciones educativas cercanas y el tipo de gobierno del lugar (Blomquist, 2005).

Por la complejidad del concepto, estudiarlo requiere tener en cuenta las condiciones de vida “objetivas” al igual que el bienestar “subjetivo”, la satisfacción individual así como la satisfacción colectiva de necesidades a través de políticas públicas. Esta es una tarea difícil y por esta razón, en la literatura se plantea estudiar alguna dimensión específica (Blomquist, 2005; Brueckner, 2011; Ham, 2011). Por ejemplo, en la economía urbana, la calidad de vida está relacionada con el conjunto de atributos disponibles en una ciudad que la hacen atractiva

y que tienen efectos sobre los precios en el mercado de vivienda, lo que implica tomarla no como el bienestar total sino como una medida más específica del valor del conjunto de *amenities* locales disponibles para una persona y la importancia que tienen para sus condiciones de vida.

A esta dimensión se le llama Calidad de Vida Urbana (CVU) y se relaciona con los planteamientos de Wingo (1973) y Gillingham & Reece (1979) sobre la influencia del consumo de bienes públicos y otras características físicas y sociales del ambiente sobre las decisiones de localización y la satisfacción de los individuos. Al elegir un lugar para vivir o trabajar, las familias están eligiendo consumir un conjunto de *amenities* o atributos físicos y ambientales del lugar, que afectan su nivel de bienestar (Bartik & Smith, 1987). Por tanto, las decisiones de localización implícitamente reflejan las preferencias respecto a un conjunto de características y sus efectos sobre las condiciones de vida (Arnott & McMillen, 2006).

Estos *amenities* pueden ser positivos como bienes, servicios o atributos cuyo consumo genera bienestar como instituciones educativas, bibliotecas, parques, agua potable y acceso a transporte o negativos como la contaminación, la inseguridad y el ruido. Pueden aparecer con las condiciones naturales del entorno como resultado de un proceso de transformación o través de las acciones de los 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 los habitantes (Lora, et. al, 2010).

Esta discusión teórica sobre CVU requiere entender el vínculo entre el equilibrio espacial, los precios de vivienda y la calidad de vida (Blomquist, 2005). En el mercado de viviendas, existe equilibrio espacial cuando todos los hogares han alcanzado el mayor nivel de utilidad y no pueden obtener ganancias al mudarse de un mercado a otro. Para que esto se cumpla debe darse que los hogares⁴ que eligen vivir en áreas con muchos *amenities* positivos paguen por ellos con combinaciones de precios de vivienda más altos y salarios más bajos que hacen que estas áreas sean más caras. Es decir, que los precios de las viviendas y los

⁴ Existen casos en los que es importante incluir a las firmas en el análisis, esto dependerá de la forma en que los niveles de *amenities* afecten sus costos. Dicho efecto puede ser positivo y reducirlos, por ejemplo, al estar ubicadas en un barrio muy seguro y no tener que contratar seguridad privada, o pueden no tener ningún efecto como en el caso de una firma que esté situada cerca al mar, pero que al comercializar todos sus productos en el mercado local no tenga un cambio en sus costos de transporte. Este trabajo supone un mercado en la última situación.

salarios se ajusten para mantener el mismo nivel de utilidad total (\bar{U}) en todas las localizaciones.

Siguiendo a Brueckner (2011), los agentes obtienen su utilidad del consumo de un bien numerario y compuesto (c), consumo de viviendas (q) y un conjunto de *amenities* (a) disponibles. Alcanzar el nivel (\bar{U}) depende positivamente del nivel de *amenities* (a) y de su ingreso o salario (y) y negativamente de los precios de vivienda (p). Suponiendo que los atributos a considerar son positivos, la función de utilidad indirecta (V) puede resumirse según la ecuación (1):

$$U(c, q, a) \cong V(y, p, a) = \bar{U} \quad (1)$$

Así, ante un incremento del nivel de *amenities* que afectan positivamente la calidad de vida, se deben incrementar los precios de vivienda o reducir los salarios/ingreso para mantener el nivel de utilidad constante. Si se hace este análisis dentro del mismo mercado laboral, se asume que los salarios son iguales en todas partes y por tanto, los precios (p) de vivienda tendrán que igualar las utilidades entre lugares con altos y bajos niveles de calidad de vida para alcanzar un nuevo equilibrio (Lambiri, Biagi & Royuela, 2006).

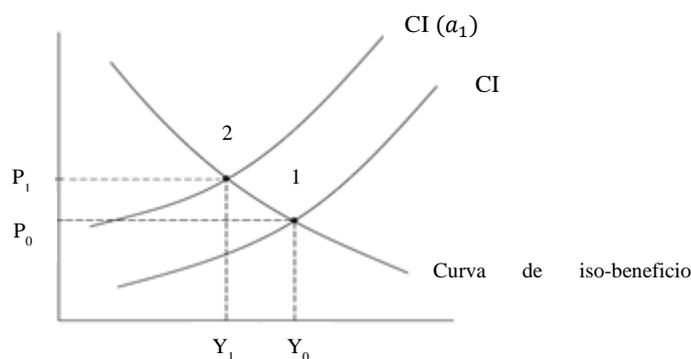


Figura 1. Efecto de un cambio en el nivel de *amenities* sobre los precios de vivienda.

Fuente: Adaptado de Brueckner (2011)

En la **Figura 1**, se observa cómo un mayor nivel de *amenities* positivos ($a_1 > a_0$), genera un incremento en los precios de vivienda ($p_1 > p_0$) y una caída en los ingresos de los consumidores representada por una reducción en el ingreso disponible para otros usos ($Y_1 < Y_0$). Este crecimiento en el precio se da porque los consumidores están dispuestos a pagar más por tener acceso y disfrutar de los *amenities* positivos que les generan un incremento en su calidad de vida urbana. Ahora bien, para entender la magnitud del efecto que puede generar un cambio en (a), se puede encontrar su valoración implícita utilizando el método de precios hedónicos.

Desde una perspectiva económica, los modelos de precios hedónicos, en los cuales el precio de un bien está determinado por sus características, comenzaron a gestarse a mediados del siglo pasado en la década del sesenta, con el trabajo “nueva aproximación a la teoría del consumidor” de Lancaster (1966), quien plantea que la utilidad percibida por el consumo de un bien se deriva de sus características, rompiendo con la idea predominante hasta entonces de que venía dada implícitamente en ellos. A partir del trabajo pionero de Lancaster en la segunda parte de la década de los 60s apareció una nueva rama de la teoría de la utilidad, en la que se define como función de las características de un bien.

Más tarde, Rosen (1974) plantea de forma específica los modelos de precios hedónicos, definiéndolos como “...precios implícitos de los atributos (de los bienes) que son revelados a los agentes económicos de los precios observados de productos diferenciados y la cantidad de características asociadas con ellos... económicamente, los precios implícitos son estimados por un análisis de regresiones del precio del producto dependiendo de sus característica” (p.34). Es decir, se entienden como el vínculo existente entre los precios de los bienes y las características de los mismos, estableciendo relaciones funcionales entre ambos (Malpezzi, 2002; Duque, Velásquez & Agudelo, 2011).

Uno de los supuestos principales del 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 vivienda en la que se asume información perfecta ya que los consumidores perciben todas sus características relevantes y las tienen en cuenta al tomar su decisión de compra. Bajo este planteamiento, el problema de decisión consiste en la maximización de la utilidad sujeto a la restricción presupuestaria en la compra de vivienda (Anselin & Lozano-Gracia, 2009).

De forma simple, la función de precios hedónicos es un precio de equilibrio en el que el precio de la vivienda i es definido como:

$$P_i = P(N_i, S_i) \quad (2)$$

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

$$P_{ij} = \alpha + \eta_h S_{ij}^h + \partial_n N_{ij}^n + \mu_{ij} \quad (3)$$

Siendo P el precio de la vivienda i ubicada en el barrio j , S_{ij}^h una matriz de características de las h viviendas, N_{ij}^n los *amenities* y otras características disponibles en el barrio. α y μ_{ij} representan la constante y el término de error respectivamente. Bajo el

supuesto de que los consumidores están dispuestos a pagar más por viviendas que les permiten acceder a un mayor número de *amenities*, *Ceteris Paribus* las viviendas con acceso a un mayor número de ellas deben ser más costosas y la diferencia en el precio constituye una medida del valor de los *amenities* expresado a través de la transacción. Estos precios implícitos, representados por los coeficientes de la regresión (3), 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:

$$V_{ij} = \sum_n \gamma_n N_i^n \quad (4)$$

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) según muestra la ecuación (5):

$$ICVU_j = \sum_i V_{ij} / N_j \quad (5)$$

1.1. EL PAPEL DEL TRANSPORTE

El transporte urbano expande el área de influencia de los servicios y como resultado, favorece la participación de los ciudadanos en la sociedad. Por esta razón, aunque fundamental, la provisión de *amenities* de cultura, educación y salud, entre otros, no es suficiente para mejorar la calidad de vida sin un sistema de transporte integrado y eficiente que permita acceder a ellos (Eddington, 2006). Es un eslabón esencial para el progreso económico que contribuye a que los beneficios asociados a las ciudades como las economías de aglomeración⁵ superen sus costos como la congestión y la contaminación. Así, tiene efectos positivos sobre la reducción de la segregación socioeconómica⁶ y propicia que se igualen las condiciones de vida al interior de las ciudades tal como plantean Thynell (2009) y Schneider (2013)

Algunos autores han argumentado que el transporte tiene efectos directos sobre el nivel de ingreso al minimizar los costos de desplazamiento e indirectos por su contribución sobre el funcionamiento eficiente de los mercados de trabajo al incrementar la flexibilidad y

⁵ Las economías de aglomeración son beneficios que aparecen cuando las firmas y las familias (viviendas) se localizan en ciudades o clúster industriales y están asociados principalmente con las economías de escala (Glaeser, 2010).

⁶ La segregación socioeconómica se define como la “ausencia o escasez relativa de mezcla socioeconómica en las subunidades territoriales de una ciudad” (Rodríguez Vignoli, 2001, p.7)

la accesibilidad a mejores oportunidades laborales (Eddington, 2006; DfT, 2012). Pero su impacto trasciende sus efectos sobre el mercado laboral, porque al determinar los tiempos de desplazamiento de los usuarios, tiene un efecto directo sobre la disponibilidad de tiempo para el ocio y otras actividades fundamentales para el bienestar (Eddington, 2006; Thynell, 2009; Scheneider, 2013).

Aunque también se le puede asociar con una variedad de externalidades negativas⁷ como congestión, polución, ruido y accidentes de tráfico, por las cuales sus efectos reales sobre el éxito de una ciudad y las condiciones de vida de sus habitantes pueden ser diversas, diferentes estudios muestran que las ciudades con un sistema de transporte integrado y eficiente tienen una mayor probabilidad de evolucionar y prosperar como centros comerciales, industriales, educativos, turísticos y de servicios (Kanemoto, 2006). Las ciudades con mayores índices de calidad de vida en el mundo son aquellas con sistemas de transporte integrado de alta calidad, que priorizan el transporte público e incluyen formas no motorizadas, como los sistemas de bicicletas (UNDESA, 2011).

Pese a su importancia, raramente se suplen las necesidades de accesibilidad al transporte urbano de todos los grupos sociales y especialmente en las ciudades de los países en desarrollo los grupos más vulnerables tienen menos posibilidades de acceso, lo cual es visto como una de las restricciones más serias para su calidad de vida. Según Ahlfeldt (2011), estas dificultades de acceso pueden deberse a tarifas altas, a una provisión insuficiente del servicio público en áreas donde viven las personas de menores recursos o falta de calidad de la infraestructura para esos usuarios; lo que se puede relacionar con el alto costo de los proyectos de infraestructura de transporte.

Una alternativa de menor costo que puede incrementar el acceso al transporte en las áreas urbanas son los sistemas de Buses de Tránsito Rápido (Rodríguez & Mojica, 2004) Estos esquemas ganaron popularidad en el mundo durante los años 2000 por sus ventajas respecto a otras formas de transporte urbano. En primer lugar, se requiere de una inversión mucho menor relativa a otros medios de transporte como los trenes y segundo, su flexibilidad operacional y de ejecución permite que el sistema se transforme fácilmente ante cambios en la demanda, además por los diferentes usos que se pueden dar a los vehículos utilizados, es posible incrementar o disminuir el número de unidades disponibles con mayor facilidad (Jarzab et al., 2002).

⁷ Este trabajo se concentra en los efectos positivos y se deja constante todo lo demás.

A pesar de su acogida, su flexibilidad también parece limitar el impacto de los sistemas BRT sobre las decisiones de localización de las firmas y las familias (Rodríguez & Targa, 2004): los esquemas de transporte BRT tienen un impacto positivo sobre el desarrollo económico, solo si tienen estaciones permanentes y un carril separado (Vichi, 2002; Deng & Nelson, 2013), que incentive a los consumidores a tomar decisiones de largo plazo. Además, se deben implementar de tal forma que el ruido, la polución y la imagen negativa que suele asociarse con los buses, no se conviertan en el principal incentivo para la localización de las firmas y familias a su alrededor (Hensher & Mulley, 2015).

1.2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

El enfoque hedónico de Calidad de Vida Urbana, se ha aplicado para clasificar ciudades por sus niveles de calidad de vida (Blomquist, Berger & Hoehn, 1988; Blomquist, 2005), 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 & Sanguinetti (2010), presentan los resultados de 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. Estos estudios llevados a cabo en ciudades como Montevideo (Uruguay), Lima (Perú) y San José (Costa Rica), constituyen el único estudio encontrado en América Latina utilizando este enfoque.

Entre estos trabajos se encuentra el de Medina, Morales & Núñez (2010) que estudian la CVU en los barrios de Medellín y Bogotá, Colombia. Sus resultados muestran una profunda segregación de acuerdo a los niveles de educación y cobertura de servicios públicos. Por su parte, Ham (2011), estima un índice de calidad de vida urbana para 47 barrios de la ciudad de Buenos Aires, Argentina y encuentra que en la ciudad, las desigualdades de precios dentro de un barrio, no necesariamente se ven reflejadas en desigualdades con respecto a la calidad de vida. A pesar de incluir al transporte dentro del vector de *amenities*, los resultados de Medina et al., (2010) y Ham (2011), no permiten dilucidar los efectos del transporte sobre la CVU y hasta la fecha no se ha encontrado ningún trabajo que se enfoque en estudiar los efectos de un BRT utilizando el ICVU planteado.

Existen sin embargo, diversos estudios que analizan el impacto de los sistemas de transporte público sobre los precios de vivienda utilizando el modelo hedónico, la mayor parte de ellos enfocándose en proyectos de trenes de diferente tipo. En un trabajo reciente,

Smith, Gihring & Litman (2013) revisan más de 100 estudios empíricos sobre el impacto del transporte público en los precios de vivienda desde 1978, y encuentran pocos enfocados a estudiar los efectos de los sistemas BRT. Sin embargo, durante los últimos años, y a medida que se han popularizado estos esquemas en el mundo, también lo han hecho los estudios que se enfocan en ellos (Mulley & Tsai, 2016).

A nivel internacional se encuentran casos de estudio en América del Norte, Asia y Australia. En Estados Unidos, Cervero & Duncan (2002), no encuentran evidencia consistente de un incremento en los precios de las viviendas por la puesta en marcha del sistema BRT en Los Ángeles, California. Mientras que Perk & Catala (2009), encuentran un efecto positivo de cerca del 16% en Pittsburg, sin embargo, sugieren que este incremento puede deberse a otros factores que no fueron tenidos en cuenta en el estudio. Dube, Des Rosiers, Thériault & Dib (2011) utilizan un enfoque cuasi experimental para estudiar los efectos del Métrobus en Quebec, Canadá. Con un estimador de diferencias en diferencias encontraron un incremento del 3% al 7% en las viviendas. En este caso, el efecto está restringido a las propiedades ubicadas suficientemente lejos para evitar el ruido pero suficientemente cerca para acceder fácilmente al sistema.

En el continente asiático se encuentran estudios en Korea y China. Cervero & Kang (2011) estudian el impacto del BRT en Seoul, Korea. Este estudio utilizó datos de propiedades residenciales y no residenciales y busca evidencia no solo de los cambios en los precios de vivienda sino de la transformación en las áreas alrededor de las estaciones. Los autores encuentran evidencia de un incremento de 5% - 10% en viviendas dentro de los 300m cercanos a una estación y de 3% - 26% en tiendas y propiedades no residenciales cercanas en 150m. Además, encuentran que el sistema generó una conversión de viviendas familiares a apartamentos y condominios en las zonas cercanas.

Zhang & Wang (2013) estudiaron el impacto de tres tipos de proyectos de transporte masivo en China, entre ellos, una línea de BRT en Beijing y aunque la distancia a una estación del sistema tiene el efecto negativo esperado no encuentran una influencia medible sobre los precios de vivienda. Esto puede atribuirse a que el sistema no tiene una vía fija y por tanto, los inversionistas no tienen incentivos para incrementar su disponibilidad de pago en las áreas cercanas, a que los residentes asocian el sistema con efectos negativos como la polución, o a que la muestra utilizada en el estudio puede no ser suficientemente grande para capturar el efecto de interés. En una investigación posterior, Zhang, Meng, Wang & Xu (2014), estudian los mismos casos con tres líneas del sistema BRT, fuentes de datos

diferentes y una muestra más grande. Sin embargo, en una de las líneas estudiadas se presentó una importante capitalización mientras que en las otras dos encuentran evidencia contraria o no significativa.

En Australia, Mulley & Tsai (2016) encontraron que las propiedades dentro de un radio de 400 metros de las paradas del BRT tienen precios marginalmente más altos (11%) en Sídney. A pesar de esto, la evidencia no es fuerte dado que el nivel de significancia es del 9 por ciento. Mulley, Ma, Clifton, Yen & Burke (2016) calcularon una regresión geográficamente ponderada (GWR) y encuentran que por cada 100m de cercanía a una estación de BRT se incrementan los precios de vivienda en 0,14% en Brisbane. Esta es una cifra relativamente pequeña, lo que puede deberse a la alta dependencia a los vehículos privados de los australianos.

En América Latina, los estudios sobre BRT se concentran en Colombia. Considerado por muchos como un ejemplo (Rodríguez & Mojica, 2009), el sistema BRT de Bogotá ha sido objeto de diferentes investigaciones utilizando el enfoque hedónico, que han permitido a los autores no solo estudiar el efecto de la accesibilidad al sistema en diferentes áreas de la ciudad con características socioeconómicas distintas sino utilizar métodos y formas funcionales distintas para la estimación del modelo de precios hedónicos.

Rodríguez & Targa (2004), utilizan datos de oferta de alquiler de 494 propiedades residenciales multifamiliares para encontrar el valor de la accesibilidad a las estaciones del sistema. Los resultados muestran que la cercanía a una estación de BTR está asociada con precios de oferta de alquiler, entre 6,8% y 9,3% más altos, dependiendo de la distancia a la estación. Más tarde, Perdomo, Mendoza, Mendieta & Baquero (2007) estudian el impacto de la accesibilidad a este sistema y encuentran que las viviendas cercanas reciben un “premio” que se refleja en un incremento de máximo 22% para predios residenciales.

Utilizando un enfoque de *before and after* Rodríguez & Mojica (2009) encuentran que el efecto de una expansión del TransMilenio sobre los precios de oferta de propiedades que desde antes tenían acceso al sistema en Bogotá es de 13% – 14%. Además, los autores plantean que existen evidencia de anticipación antes de que el BRT fuera extendido, sin embargo, la apreciación fue similar para viviendas en el área de 500m alrededor del BRT y de 1km lo que puede evidenciar la influencia de otros factores sobre estos resultados. En la literatura de medición del impacto de un nuevo sistema de BRT, este trabajo constituye el primer esfuerzo utilizando datos de varios años.

Munoz-Raskin (2010) estudia el efecto sobre el precio de las viviendas ubicadas a menos de 5 minutos caminando a la estación en comparación con propiedades de 5 a 10 minutos en líneas alimentadoras, además los cambios del efecto a lo largo del tiempo y sus diferencias por estrato socioeconómico. Sus resultados muestran un incremento para las propiedades ubicadas a menos de 5 minutos caminando a las líneas alimentadoras y un pequeño incremento anual en los precios de las propiedades cercanas. Al estudiar el efecto por estrato socioeconómico, se encuentra que las propiedades de ingreso medio están valoradas con mayor precio si están más cerca del sistema mientras que para las viviendas en estratos más bajos los resultados fueron los opuestos.

Perdomo (2011) estudia el efecto del TransMilenio con el objetivo tanto de encontrar el efecto del sistema sobre los precios de vivienda como de comparar las metodologías de Precios Hedónicos Espaciales y *Propensity Score Matching* para la estimación de este tipo de efectos. El autor encuentra que por cada metro lejos de la estación del TransMilenio en Bogotá los precios de vivienda caen un 0.05%. Además, por la similitud de ambos resultados, el autor concluye que ambas metodologías son adecuadas para la investigación de estos efectos. En general, parece haber evidencias de un efecto positivo del TransMilenio sobre los precios de vivienda, aunque todavía hacen falta esfuerzos por entender la magnitud y alcance del mismo.

En Medellín, hasta la fecha no se encuentra ningún trabajo sobre el efecto del Metroplús sobre los precios de vivienda pero si existe un estudio que utiliza el enfoque de precios hedónicos para estudiar el efecto del SITVA sobre los precios de vivienda. Duque, et al., (2011), estiman el cambio en los precios de 89 viviendas de Medellín cercanas a la estación de Metro San Javier, utilizando datos de avalúos de una compañía privada. Sus resultados muestran que la cercanía a una estación del metro tiene una influencia positiva en los precios de las viviendas en un radio de 600 metros alrededor de la estación, sin embargo, el efecto es negativo en las viviendas cercanas al acceso al metro.

En resumen, los análisis hedónicos revisados no posibilitan concluir sobre los efectos de los BRT en las áreas urbanas. Algunos estudios no encuentran evidencia de un impacto sobre los precios de vivienda (Cervero & Duncan, 2002; Zhang & Wang, 2013), mientras que los trabajos de Cervero & Kang (2011) y Mulley et al., (2016) encuentran efectos positivos sobre los precios de vivienda e incluso un poderoso efecto de reconfiguración de las áreas urbanas en el caso del primer estudio. Otros trabajos como el de Perk & Catala (2009) y Mulley & Tsai (2016) encuentran efectos positivos pero poco significativos o muy pequeños

mientras que Zhang et al., (2016) encuentra que el efecto puede ser negativo y positivo dentro de la misma ciudad dependiendo de la línea que se estudie.

Los estudios realizados en Bogotá, sugieren que existe un incremento de precios asociado a la accesibilidad al sistema TransMilenio (Rodríguez & Targa, 2004; Muñoz-Raskin, 2010; Perdomo, 2011), sin embargo, las magnitudes del efecto difieren profundamente y como plantean Rodríguez & Mojica (2009), pueden existir otras variables no incluidas en los estudios que hacen que el efecto sea mucho mayor, lo que genera un problema de variables omitidas.

La disponibilidad de datos adecuados es una deficiencia clave de los métodos de estimación de precios hedónicos tradicionales en diferentes campos de estudio (Zhang & Wang, 2013; Parmeter & Pope, 2013), incluido los análisis de impacto de sistemas BRT: la mayor parte de los estudios encontrados utilizan datos de sección cruzada porque no cuentan con precios de vivienda antes y después del proyecto, o carecen de datos que puedan capturar otros factores que afectan las decisiones de los agentes, por lo que no pueden controlar las influencias endógenas sobre la decisión de compra. Una buena opción para evitar endogeneidad y sesgos por variables omitidas son los métodos cuasi experimentales pero como se puede ver en la revisión, son pocos los estudios que utilizan este enfoque. Pensando en esto y atendiendo a la disponibilidad de datos, este estudio plantea un enfoque cuasi experimental para la estimación del modelo hedónico que sirve de base para la estimación del ICVU.

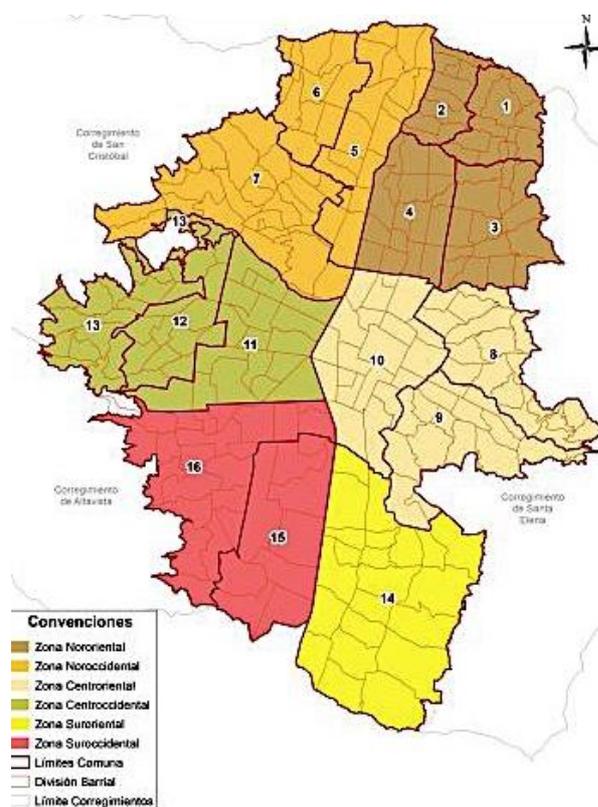
3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 OBJETO DE ESTUDIO: METROPLÚS Y CVU EN MEDELLÍN

Medellín es la capital del Departamento de Antioquia y está ubicada en la zona noroccidental de Colombia, en el Valle de Aburrá. Su área urbana está dividida en 16 comunas que a la vez, se sub dividen en 249 barrios (Ver **Mapa 1**). Es la segunda ciudad más importante del país y durante los últimos 50 años, ha tenido una fuerte transición demográfica, pasando de 772.887 habitantes en 1964 a 2'441.123 en 2014 (Alcaldía de Medellín, 2011). Esta tendencia de urbanización, ha estado influenciada por aspectos políticos y sociales como los desplazamientos forzados en la época de la violencia y el descuido de las áreas rurales por parte del Estado y ha tenido una fuerte incidencia en la configuración socioeconómica generando una profunda segregación al interior de las áreas

urbanas y cambiando las demandas sociales de los ciudadanos. En la década de los 80 y 90, la violencia y la profunda desigualdad en la ciudad⁸ propiciaron la aparición de barriadas a las que no llegaba la intervención del Estado.

Durante los últimos 10 años, Medellín ha experimentado una importante transformación y se ha convertido en ejemplo de innovación. A través de la voluntad política de los gobiernos locales, que a partir de 2004, han invertido⁹ en proyectos de infraestructura así como en programas de educación, cultura, recreación, emprendimiento y generación de empleo se han logrado cambios positivos en las condiciones de vida de sus habitantes. La adecuada provisión de infraestructura y bienes públicos se ha convertido en sinónimo de competitividad, desarrollo e impulso económico en la ciudad y si bien persisten algunos retos, los beneficios de estos esfuerzos son evidentes y “la historia de la transformación de esta ciudad encierra importantes lecciones para las zonas urbanas de todo el mundo” (Stiglitz, 2014).



Mapa 1. Sectorización por barrios, comunas y zonas del área urbana. Municipio de Medellín

Fuente: Elaboración propia

⁸ Durante la década de los 90, la ciudad tuvo un coeficiente de GINI de 0,55.

⁹ Desde 2008 Medellín ha tenido la mayor inversión pública per cápita en Colombia (Medellín Cómo Vamos, 2016).

Tal transformación le ha valido a la ciudad importantes reconocimientos a nivel internacional, entre ellos el premio de la ciudad más innovadora del mundo otorgado en el año 2013 por el *Wall Street Journal* y el *Urban Land Institute* y el premio *Lee Kuan Yew World City*, considerado el nobel de las ciudades en el 2016. Uno de los proyectos más importantes de la ciudad ha sido el Sistema Integrado de Transporte del Valle de Aburrá (SITVA), que constituye un esfuerzo por planear e invertir en infraestructura para un transporte urbano sostenible que permita resolver los problemas de movilidad de la ciudad.

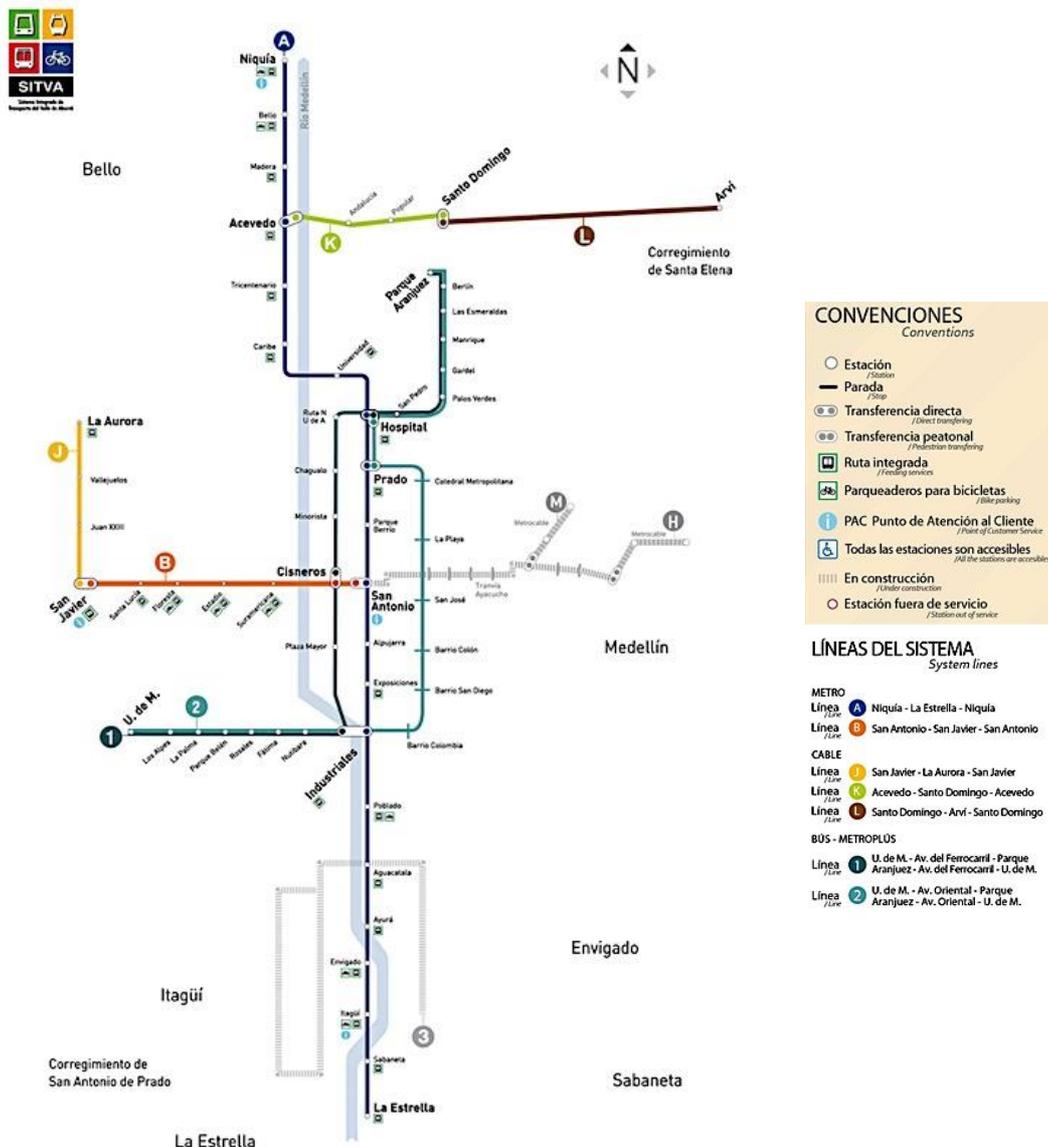


Figura 2. Esquema del SITVA a 2014.

Fuente: Metroplús (2016)

La operación del SITVA inició con la línea A del Metro en el año 1995 y la línea B en 1996. En el año 2000, se plantearon proyectos para generar corredores masivos que integraran a la comunidad de la poblada periferia del Valle de Aburrá al Metro siguiendo un

modelo de espina de pescado que aprovechara el río de Medellín como el eje natural articulador del Valle. Como parte de esta iniciativa, en el año 2004 se puso en marcha el Metrocable Línea K ubicado en la zona Nororiental y en 2008 el Metrocable Línea J en la zona centro occidental. Más tarde, inicia la operación del Metroplús (BRT), línea 1 en 2011 y línea 2 en 2012 (Ver **Figura 2**). Actualmente el sistema llega a todas las comunas de la ciudad, excepto a la 6 y 7 en la zona noroccidental, y la ciudad se ha convertido en referente en la implementación de un sistema de transporte inclusivo, sostenible y limpio.

El SITVA se ha convertido en una estrategia muy reconocida a nivel mundial por su habilidad para reclamar espacios públicos y mejorar la calidad de vida en la región. En el año 2012, ganó el Premio al Transporte Sostenible otorgado por el *Institute for Transportation and Development Policy* y en el año 2013, el Proyecto Urbano Nororiental (PUI) que incluye el Metrocable línea K ganó el Premio Verónica Rudgeal al diseño verde otorgado por la Universidad De Harvard, por el potencial de las infraestructuras de movilidad para transformar una ciudad y su región y su habilidad para reparar y regenerar la ciudad.

A pesar de su importancia, los esfuerzos para medir los impactos del Sistema de Transporte Integrado del Valle de Aburrá –SITVA- sobre la calidad de vida hasta ahora son pocos. El único ejemplo disponible hasta la fecha, es el de Brand & Dávila (2011), que se propone medir el impacto de la inversión del gobierno local en el Metrocable – Línea K¹⁰ sobre los niveles de pobreza de la ciudad utilizando datos recolectados en encuestas de percepción. Los resultados de este estudio no son concluyentes y los autores terminan planteando que cualquier valoración del impacto del incremento de la movilidad en Medellín sobre las condiciones de vida de la población local es un asunto complejo y multifacético y que obtener una medida precisa de las consecuencias sociales y económicas de los Metrocables es difícil.

Esto deja en evidencia la necesidad de ahondar en el tema y adoptar una metodología que permita valorar la importancia que tiene el transporte en la calidad de vida, razón por la cual este estudio se centra en medir el impacto de la accesibilidad del Metroplús, uno de los esquemas más recientes del SITVA sobre la CVU de los habitantes de Medellín.

¹⁰ El metrocable es el sistema de transporte de tipo teleférico y subtipo cable aéreo para movilización urbana de tránsito rápido de la ciudad de Medellín. La línea K atraviesa las comunas número 2 Santa Cruz y número 1 Popular, y se conecta con la línea A del Metro de Medellín.

3.1.1 Metroplús

La primera fase de este sistema de transporte BRT fue planeada desde el año 2002 y fue pensada como un esfuerzo conjunto del gobierno central, tres municipios del Área Metropolitana (Medellín, Envigado e Itagüí) y **Metroplús S.A.** Las obras de construcción del Metroplús iniciaron a finales de 2005 y continuaron hasta el año 2014 cuando se entregaron las obras finales de la estación Industriales, denominada “el corazón del SITVA”. El sistema Metroplús funciona con combustible a gas natural, lo que reduce sus impactos negativos sobre el medio ambiente. El sistema está compuesto por 2 líneas que funcionan casi de forma paralela y se separan en el centro de la ciudad.

La línea 1 tiene 21 estaciones y circula por la troncal de Medellín, un corredor vial de 12,5 kms, que inicia en el sector de Belén (comuna 16), con la estación cabecera Universidad de Medellín y termina en la estación Aranjuez. El sistema tiene además de la estación cabecera, otras seis estaciones en la Comuna 16, viaja desde ahí por las comunas 15, 10, 4 y 3. La integración con el Metro de Medellín se da en 3 estaciones: Industriales y Hospital en la línea A y Cisneros en la línea B. La línea 2 del Metroplús coincide con la línea 1 en 13 de sus 21 estaciones (**Figura 2**), excepto en el trayecto comprendido entre las estaciones Industriales y Hospital, en donde no existen estaciones fijas sino paraderos y los buses circulan por la Avenida Oriental, compartiendo la vía con los vehículos de transporte público y privado (Metroplús, 2016). Las diferencias entre las estaciones y paraderos de ambas líneas pueden verse en el **Anexo 1**.

En este caso, se delimitó el objeto de estudio a la línea 1 del Metroplús siguiendo a la literatura teórica y empírica que establece que cuando no existe una garantía de que las estaciones permanecerán, la incertidumbre que se genera, hace que la disponibilidad a pagar de los demandantes por las propiedades cercanas al sistema no se modifique como muestran los resultados de Zhang & Wang (2013) y Hensher & Mulley (2015). De acuerdo con Vichi (2002) y Deng & Nelson (2013), los sistemas BRT pueden generar un impacto sobre los precios de vivienda solamente si sus estaciones son permanentes y existe un carril separado.

3.2 ANÁLISIS CUASI EXPERIMENTAL

Para la evaluación de impacto de una política es ideal utilizar diseños experimentales o experimentos naturales, en los que la asignación en el programa está determinada de forma aleatoria, sin embargo, este tipo de estudios es difícil de lograr en economía debido a que la no aleatoriedad es casi inherente en la asignación de los beneficiarios de las políticas

públicas, ya sea porque son diseñadas para una población determinada o porque los individuos están interesados en autoseleccionarse como participantes. Adicionalmente, en muchos casos, se evalúan programas que ya están en operación y es difícil conocer el mecanismo de selección. Por esta razón, es más común encontrar diseños cuasi experimentales, que permiten crear grupos de beneficiarios y de control con características pre-programa similares para estimar el efecto de una variable de política sobre una variable resultado, o el denominado Efecto de Tratamiento (ET) (Aedo, 2005; Cerulli, 2015).

En la aplicación de diseños cuasi experimentales con precios hedónicos, el ET sobre la unidad i representa la diferencia entre el precio de las viviendas en el grupo de tratamiento (P_{1i}) que reciben los beneficios de la política y el precio que habrían tenido estas mismas unidades de no haber sido beneficiarios (P_{0i}). Sin embargo, es imposible observar la unidad i en ambos estados (beneficiario y no beneficiario) y por tanto, el investigador se enfrenta a un problema de observaciones faltantes. Como solución a este problema, la literatura sugiere estudiar medidas de tendencia central, específicamente la media de P_{1i} y P_{0i} . Al hacerlo, se puede estimar el Efecto Promedio de Tratamiento (EPT) que es igual a la diferencia entre el promedio de la variable objetivo cuando el individuo es tratado y el promedio de la variable objetivo cuando no lo es (Parmeter & Pope, 2013).

El mejor método para estimar el EPT dependerá del tipo de datos disponibles y de las condiciones institucionales y normativas del lugar en que se implementa la política a estudiar; de si existen factores inobservables (sesgo escondido) que impactan significativamente la asignación no aleatoria del tratamiento y de qué tipo son, contingentes o genuinos (Meyer, et. al, 1995; Pope, 2008, Parmeter & Pope, 2013; Cerulli, 2015). Los inobservables contingentes son elementos respecto a los cuales no se tiene información en la base de datos disponible y por tanto, afectan las estimaciones del EPT. Los genuinos son factores imposibles de medir, como la propensión a incurrir en riesgo o actitudes éticas de los compradores y vendedores en un mercado inmobiliario. De no tener en cuenta estos factores, la interpretación de los resultados puede descansar en supuestos equivocados resultando también en prescripciones de política erróneas (Parmeter & Pope, 2013).

En este estudio se pueden identificar ambos tipos de inobservables. En primer lugar, la selección de la ubicación de las estaciones del sistema Metroplús fue pensada con el objetivo de llevar el SITVA a comunas que antes no lo tenían, revitalizar ciertas áreas de la ciudad y seguir su esquema de espina de pescado, lo que implica que la política fue diseñada para beneficiar a una población específica. La ubicación de las estaciones pudo estar

acompañada de otros cambios en las características estructurales de las viviendas y en los sectores cercanos, que afectan sus precios, como en el caso de Seoul, Korea, estudiado por Cervero & Khang (2011). Además, ante las externalidades del sistema percibidas por los habitantes de la ciudad, muchos pudieron tomar la decisión de mudarse. Finalmente, existen factores que son imposibles de predecir sobre el comportamiento de autoselección de los agentes o de selección de la política.

De acuerdo con Cerulli (2015), en estos casos se pueden utilizar tres enfoques para mejorar las estimaciones: variables instrumentales (VI), modelos de selección (MS), y diferencias en diferencias (DD). La implementación de estos tres métodos requiere ya sea información adicional o supuestos adicionales que no siempre están disponibles o son viables: el Método de VI requiere información sobre una variable adicional, que además, esté in-correlacionada con los otros regresores de la ecuación. El MS requiere mantener el supuesto de normalidad conjunta de los términos de error del modelo de resultados potenciales y DD requiere tener observaciones para antes y después del tratamiento.

En este caso, el modelo de diferencias en diferencias (DD) es el más apropiado por varias razones. Es un enfoque que trata la selección endógena sin necesidad de VI o supuestos adicionales sobre la distribución de los errores (Angrist & Krueger, 2001; Bertrand et al. 2004; Card and Krueger 2000; Meyer et al. 1995), apto tanto para selección observable como no observable. Su aplicación permite explorar el cambio de estatus de los grupos de tratamiento y control en el tiempo y explicar qué parte se puede atribuir al EPT, es decir, explota la variación en el tiempo y el espacio (Parmeter & Pope, 2013).

Además, 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. Este último aspecto, implica que se pueden usar datos de panel en los que se tiene información de los precios de la misma propiedad en los dos periodos o que se puede implementar con datos de sección cruzada repetidos, en los que las viviendas observadas antes y después de la política, son diferentes.

Para la estimación del efecto de la accesibilidad al Metroplús se utilizaron datos de sección cruzada repetidos, provenientes de la Encuesta de Calidad de Vida de Medellín 2010 y 2014 (ECVM2010 y ECVM2014)¹¹, que contiene datos a nivel individual de vivienda en el

¹¹ La Encuesta de Calidad de Vida para Medellín fue realizada por primera vez en 1997 en las 16 comunas y luego en el 2001. Desde el año 2004, se realiza anualmente con muestras aleatorias en la totalidad del área

área urbana de Medellín. Estos datos fueron complementados con Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de Medellín de los años 2006 y 2014. Ambos datos fueron recabados por el Departamento Administrativo de Planeación de Medellín y facilitados para realizar esta investigación. Finalmente, la densidad poblacional en cada barrio, fue calculada con estadísticas provenientes del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

3.2.1 Diferencias en Diferencias con datos de sección cruzada repetidos

Estadísticamente, se consideran dos periodos de tiempo t_0 y t_1 ($t_0 < t_1$) donde t_0 denota el momento del tiempo en que aún no se ha hecho la intervención. El mercado inmobiliario está partido 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. Así, el cambio de política ocurre en el área M_1 en algún momento entre t_0 y t_1 . Entonces, se puede describir el evento $M_i = 1$ si la vivienda i está en la región en la que se dio la intervención de política independientemente del tiempo. Si además, se define el momento de la intervención como $\tau_t = 1$ y si $t = \tau_t$, la variable que capturará el efecto de política es, es $D_{1it} = \tau_t M_i$.

En términos de tratamiento, vivienda y tiempo, se puede plantear un modelo de resultados potenciales (MRP), que presenta el precio de una vivienda bajo tratamiento como su precio inicial más la variación del precio por efecto de la política de la siguiente forma:

$$P_{it} = M_{0it}P_{0it} + M_{1it}P_{1it} = P_{0it} + M_{1it}(P_{1it} - P_{0it}) \quad (6)$$

En este contexto de no aleatoriedad, el estimador de diferencias en diferencias (EDD), en términos de los resultados potenciales, se define como:

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

Y en términos de resultados observables será:

$$EDD = E[P_{1it_1} - P_{0it_0} | X = x, M_i = 1] - E[P_{0it_1} - P_{0it_0} | X = x, M_i = 0] \quad (8)$$

Esto implica que el estimador es la diferencia entre dos esperanzas. La primera esperanza es en la que 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. Para hacerlo más

urbana (16 comunas) y rural (5 corregimientos) del municipio. La muestra se elige a través de un Muestreo Aleatorio Simple (MAS) para proporciones, teniendo en cuenta la participación de cada una de las viviendas por estrato socioeconómico, según barrio, comuna y corregimiento (Alcaldía de Medellín, 2015, p. 3).

intuitivo, Parmeter & Pope (2013) presentan la posibilidad de introducir un contrafactual¹², $E[P_{0it_1} - P_{0it_0} | X = x, M_i = 1]$ en la ecuación anterior:

$$EDD = (E[P_{1it_1} - P_{0it_0} | X = x, M_i = 1] - E[P_{0it_1} - P_{0it_0} | X = x, M_i = 1]) + (E[P_{0it_1} - P_{0it_0} | X = x, M_i = 1] - E[P_{0it_1} - P_{0it_0} | X = x, M_i = 0]) \quad (9)$$

Esto describe el EDD como la suma de dos piezas, un efecto de tiempo:

$$EDD(tiempo) = (E[P_{0it_1} - P_{0it_0} | X = x, M_i = 1] - E[P_{0it_1} - P_{0it_0} | X = x, M_i = 0]) \quad (10)$$

y un efecto de tratamiento:

$$EDD(tratamiento) = (E[P_{1it_1} - P_{0it_0} | X = x, M_i = 1] - E[P_{0it_1} - P_{0it_0} | X = x, M_i = 1]) = E[P_{1it_1} - P_{0it_0} | X = x, M_i = 1] \quad (11)$$

Con el fin de atribuir la estimación del EDD completamente a la política, el efecto tiempo debe ser cero. Este efecto tiempo juega un rol importante en la validez de cualquier establecimiento causal para estimar el efecto de tratamiento utilizando EDD. Lo interesante del método es que puede ayudar a superar los problemas de variables omitidas que pueden explicar el efecto tiempo. Nótese que el efecto tiempo se puede reescribir como:

$$EDD(tiempo) = E[P_{0it_1} | X = x, M_i = 1] - E[P_{0it_1} | X = x, M_i = 0] - E[P_{0it_0} | X = x, M_i = 1] + E[P_{0it_0} | X = x, M_i = 0] \quad (12)$$

Si el efecto tiempo es igual a cero, entonces:

$$(E[P_{0it_1} | X = x, M_i = 1] - E[P_{0it_1} | X = x, M_i = 0]) = E[P_{0it_0} | X = x, M_i = 1] - E[P_{0it_0} | X = x, M_i = 0] \quad (13)$$

Y podemos ver que este tipo de esperanza es más débil que asumir $E[P_{0it_1} | X = x, M] = E[P_{0it_1} | X = x]$ y $E[P_{1it_1} | X = x, M] = E[P_{1it_1} | X = x]$. Ya que esto implica asumir que los dos lados de la ecuación (13) son cero.

Por lo tanto, no es necesario asumir que las dos áreas de vivienda sean idénticas. 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

¹² El concepto de contrafactual o causalidad contrafactual, asume que la causalidad toma la forma de una comparación entre el resultado de una unidad cuando es tratada y el resultado de la misma unidad cuando no lo es. Si se puede observar la unidad solamente en el estado de tratada, el estado la estimación del efecto de tratamiento en diseños experimentales y cuasi experimentales. de “no tratada” se define como el estado contractual, que es inobservable (Cerulli, 2015)

impactan los precios de vivienda, aún es posible estimar el efecto de tratamiento (Parmeter & Pope, 2013).

3.3 DOMINIO ESPACIAL - TEMPORAL DEL CUASI EXPERIMENTO

Para disminuir los sesgos de selección y la presencia de variables omitidas es fundamental en los diseños cuasi experimentales identificar un dominio espacial y temporal adecuado. Para esto, se debe establecer el evento que genera el cambio en la disponibilidad a pagar por las viviendas. Sin embargo, no existe una guía teórica para determinarlo, más bien es una decisión a criterio del investigador que requiere de un análisis detallado del entorno. En los estudios sobre BRT revisados, Rodríguez & Mojica (2009) plantean como escenario de cambio, la puesta en marcha de una extensión de TransMilenio, mientras que Dube et al., (2011) mencionan la implementación del sistema Métrobus en Quebec en 1992, una extensión en 1993 y algunas mejoras entre 1991 – 1995 pero no son específicos sobre el cambio. En todos los casos, los estudios utilizaron datos de antes y después del momento en que se da el cambio.

Al igual que Dube et al., (2011) otras aplicaciones no definen claramente el cambio y tal vez por esto, en los últimos años ha ganado importancia el estudio del momento en que se produce. Mulley & Tsai (2016) plantean que cuando se están analizando propiedades comerciales es más probable que el cambio ocurra en el momento en que se anuncia la construcción, porque quienes desarrollan proyectos comerciales buscarán anticiparse a la apreciación por el incremento en la accesibilidad al transporte. Sin embargo, al estudiar propiedades residenciales, el momento del cambio es menos claro. En este caso, el cambio puede darse en el momento del anuncio (Golub, et. al, 2012) o en el momento en que el servicio empieza a operar (Loomis et. al, 2012; Chatman et. al, 2012; Mulley & Tsai, 2016).

Luego de una revisión cuidadosa de estos trabajos, en esta investigación se definió el cambio exógeno como la accesibilidad al Metroplús, materializada una vez puesto en marcha en diciembre de 2011. Para estimar los efectos de este cambio, se utilizan datos del año 2010, previo a la puesta en marcha del sistema y el 2014, una vez se había entregado la obra más grande del sistema. El año 2014 fue seleccionado, debido a que se cuenta con información actualizada sobre los *amenities* disponibles en cada barrio, provenientes del Plan de Ordenamiento Territorial de Medellín 2014 (POT2014), esto implica contar con información del año exacto sobre las características más importantes para estimar el ICVU. Adicionalmente, teniendo en cuenta que los precios reportados son de alquiler y no de venta,

porque en Colombia los precios de arrendamiento no pueden incrementarse en valores superiores al incremento aprobado por el gobierno nacional, excepto en caso de cambiar de inquilino.

Para determinar el dominio espacial del cuasi experimento, se ha utilizado una medida de accesibilidad. En Medellín, por motivos de seguridad, no se puede acceder a datos con la ubicación precisa de las viviendas (Duque et al., 2011), lo que impide establecer la distancia exacta entre las viviendas y las estaciones de Metroplús, sin embargo, como plantean Mitra & Saphores (2016) la definición y medida de accesibilidad, está ligada al propósito y el contexto de cada estudio pero depende fuertemente de los datos disponibles. En este caso, se definió la accesibilidad al sistema calculando el centroide de cada barrio y utilizando la ubicación exacta de las estaciones del Metroplús (latitud y longitud). Alrededor de cada estación se creó un *buffer* de 1km y se asignó un valor de 1 a todas las observaciones ubicadas en barrios cuyo centroide se ubica al interior de esta área de influencia, suponiendo que esto implica que la mayor parte del territorio del barrio está en el *buffer* y por tanto, los habitantes tiene acceso al Metroplús, ya sea caminando o utilizando alguna de las rutas de buses integrados.

Así, el grupo de tratamiento son los 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. Todas las estimaciones se realizaron utilizando ArcGIS. El **Anexo 2**, muestra el número de barrios en cada comuna dentro del área de influencia del Metroplús así como la zona de la ciudad en la que se ubican. El sistema cubre el mayor número de barrios en las comunas 4, 10 y 16, mientras que ningún barrio en las comunas 6, 7, 9, 12 y 13 está dentro de su área de influencia. Estas comunas son de estrato socioeconómico¹³ predominantemente medio bajo y medio.

El mercado de vivienda considerado es el urbano. Esta definición del mercado, y por tanto, del ambiente en que se sitúan los grupos de tratamiento y control, es válida en el estudio porque al interior de la ciudad los propietarios de las viviendas encontrarán áreas que ven como comparables a aquellas en las que residen y por tanto, los costos de transacción no afectan su decisión de equilibrio. Adicionalmente, el tamaño del mercado permite que las estimaciones sean más precisas y se favorezca la validez externa del ejercicio al poder utilizar

¹³ En Colombia, se han establecido 6 estratos socioeconómicos que se utilizan como referencia para dar subsidios y cobrar impuestos. Las propiedades en estrato 6, son aquellas de mayor valor que tienden a estar en manos de la población con un mayor nivel de ingresos.

un mayor número de observaciones. Al incluir solamente el precio de las viviendas al interior de la ciudad, se puede suponer que el cambio de política hace parte del conjunto de información de los agentes al tomar las decisiones de localización, lo que garantiza la validez interna.

3.4 CONSIDERACIONES SOBRE LA ELECCIÓN DE LA FORMA FUNCIONAL

La teoría provee poca guía para la elección de la forma funcional del modelo, sin embargo, Cropper, Deck & McConnell (1988), evalúan la sensibilidad de los resultados a las especificaciones funcionales y plantean que cuando existen variables omitidas o se utilizan *proxies* en lugar de una medida real de la variable dependiente, las formas funcionales más simples como la lineal y la semi logarítmica¹⁴ tienen mejores resultados que las formas más complejas (Malpezzi, 2002; Anselin & Lozano-Gracia, 2009).

Utilizando como justificación la preocupación por las variables omitidas, en los estudios de precios hedónicos, típicamente se utiliza la forma semi logarítmica sin pruebas de especificación rigurosas. La amplia utilización de esta forma funcional, se atribuye también, a que al comprimir la escala en la que se mide la variable dependiente, puede ayudar a reducir los problemas de heterocedasticidad (Rodríguez & Mojica, 2009; Parmeter & Pope, 2013). En esta investigación, se hicieron pruebas con la variable dependiente en niveles y en logaritmo (forma funcional en niveles y semi logarítmica) tanto para los datos de cada año como para las bases 2010 y 2014 agregadas y los resultados de las pruebas muestran una mejor bondad de ajuste de los modelos con forma funcional semi logarítmica. Ante estos resultados y las ventajas planteadas por la literatura, esta es la forma funcional seleccionada.

Finalmente, la relación entre los precios de vivienda y la demás variables fue determinada por la ecuación (12), similar a la presentada por Dube et al., (2011):

$$lp_{ijt} = \tau_t + \alpha_j + D_{1it}\beta + S_{ijt}\rho_{jt} + \gamma N_{jt} + \mu_{ij} \quad (14)$$

Donde los factores varían por las i viviendas, los barrios j y el tiempo t . τ_t es un conjunto de efectos tiempo, α_j es un conjunto de efectos de grupo o de barrio y D_{1it} es la variable de política de interés. S_{ijt} representa las características estructurales de las viviendas. N_{jt} es un vector de características de barrio y los *amenities*, y $\mu_{ij} = v_{jt} + \varepsilon_{ijt}$, son choques

¹⁴ Tanto en las aplicaciones de CVU (Medina et al., 2010; Ham, 2011) como en los estudios de precios hedónicos (Davis, 2004; Mulley et al., 2016; Chay & Greenstone, 2005; Pope, 2008; Rodríguez & Mojica, 2009; Munoz-Raskin, 2010; Dubé et al., 2011; Zhang et al., 2014), predomina la forma semi logarítmica, utilizada sin explicación sobre la razón de su elección.

idiosincráticos, uno que impacta a todo el grupo de viviendas y otro que es específico de cada vivienda independientemente del tiempo y del barrio. La inclusión de los efectos de tiempo (λ_t) y de grupo (α_j) se hace para capturar variables inobservables que varían a nivel de grupo y de tiempo. Si no se tienen en cuenta se llega a problemas por variables omitidas (ver Parmeter & Pope, 2013).

La variable $D_{1it} = \tau_t M_i$ es la variable de política en la que (M) representa la accesibilidad al Metroplús que 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 dueño 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 implica que los resultados expresan los efectos de las variables sobre tasas de crecimiento de los precios. Para las comparaciones de calidad de vida urbana se tomaron los coeficientes del vector de *amenities* como plantea la ecuación (5) y luego, utilizando el modelo simple de Diferencias en Diferencias, se ha calculado el impacto de la accesibilidad del Metroplús sobre la CVU.

3.5 DATOS DISPONIBLES Y VARIABLES A INCLUIR EN EL MODELO

Para evaluar el efecto del Metroplús en el mercado de vivienda y por tanto, en la CVU se utilizaron dos tipos de datos: *i*) datos estructurales de las viviendas (atributos de las propiedades) y *ii*) datos ambientales (atributos de barrio) que incluyen las características de barrio, los *amenities* y los datos demográficos. Aunque siguiendo la forma funcional elegida, no se incluyeron en la estimación econométrica, se utilizaron datos sobre las características personales de los entrevistados para entender el tipo de población sobre el que la puesta en marcha del Metroplús pudo repercutir. La **Tabla 1** resume las variables del estudio y la fuente de cada una.

Tabla 1. Resumen de las variables del análisis

Variable	Descripción	Fuente
<i>Variable resultado (p_{ijt})</i>		
Inprecio	Logaritmo natural del precio declarado por entrevistado	ECVM
<i>Atributos de la propiedad (S_{ijt})</i>		
tvivienda	Tipo de vivienda: Apartamento o casa	ECVM
mpared	Materiales de calidad en las paredes	ECVM
mpisos	Materiales de calidad en los pisos	ECVM
cocina	Vivienda con cocina como habitación separada	ECVM

garaje	Vivienda con al menos un garaje	ECVM
sanitario	Número de servicios sanitarios de uso exclusivo del hogar	ECVM
energía	Vivienda con servicio de electricidad	ECVM
acueducto	Vivienda con servicio de acueducto	ECVM
alcantarillado	Vivienda con servicio de alcantarillado	ECVM
telefonía	Vivienda con línea de teléfono fijo	ECVM
aseo	Vivienda con servicio de recolección de basuras	ECVM
pipeta	Vivienda utiliza gas en pipeta	ECVM
gas	Vivienda conectada a la red de gas natural	ECVM
internet	Vivienda con servicio de internet	ECVM
tv	Vivienda con servicio de televisión por cable	ECVM
tpropiedad	Propiedad: En arriendo, propia totalmente pagada o pagando.	ECVM
Estrato	Estrato socioeconómico	ECVM

Atributos de barrio (N_{jt})

comuna	Ubicación	ECVM
Barrio	Ubicación	ECVM
pminoría	Porcentaje de minoría en el barrio	ECVM
pseguridad	Percepción de seguridad en el barrio	ECVM
nmetro	Número de estaciones de Metro en el barrio	GIS (POT)
ncable	Número de estaciones de Metrocable en el barrio	GIS (POT)
ncole	Número de escuelas y colegios en el barrio	GIS (POT)
nedusup	Número de instituciones de educación superior en el barrio	GIS (POT)
nsalud	Número de instituciones prestadoras del servicio de salud en el barrio	GIS (POT)
ncultura	Número de organizaciones culturales en el barrio	GIS (POT)
nculto	Número de equipamientos religiosos en el barrio	GIS (POT)
ndeportes	Número de establecimientos para la recreación y el deporte en el barrio	GIS (POT)
densidad	Densidad demográfica en el barrio	DANE

Dummies para capturar efecto

M	=1 si está en área de influencia del Metroplús; = 0 si no está	GIS (POT)
τ_t	=1 si entrevista en 2014. =0 en otro caso.	ECVM
D_{1it}	=1 si la vivienda está en el grupo de tratamiento, una vez puesto en marcha el Metroplús (= $\tau_t M$)	ECVM

*Características personales (x_{ijt})**

nhogar	Número de personas en el hogar	ECVM
hombre	Sexo	ECVM
edad	Edad	ECVM
niveles	Nivel educativo del jefe de hogar	ECVM

*Utilizadas solamente para el análisis de estadística descriptiva.

NOTA: ECVM: Encuesta de Calidad de Vida de Medellín, 2010 y 2014. GIS (POT): Datos construidos por el investigador utilizando la geodatabase del Plan de Ordenamiento Territorial de Medellín 2006 y 2010. DANE: Datos construidos con base en información del Departamento Administrativo Nacional de Estadística y Alcaldía de Medellín, 2011

Fuente: Elaboración propia

Los precios de vivienda son datos de precios de alquiler reportados¹⁵ por los residentes que viven en alquiler. Los *atributos de propiedad* incluidos 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). Respecto a las características de barrio, la variable *seguridad*, captura la percepción de seguridad de los entrevistados en su barrio en vez de una tasa de crimen como en otros estudios en el país. Esto se hace porque su influencia sobre la disponibilidad a pagar por una vivienda puede estar más ligada a la percepción de los habitantes que las estadísticas del sistema policial. Mientras que la variable *pminoría* corresponde a si el entrevistado se reconoce o no como parte de una minoría étnica. Estos datos provienen de la ECVM2010 y ECVM2014.

Los *amenities* disponibles en cada barrio fueron creados con base en la geodatabase del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de Medellín de los años 2006 y 2014, que contiene la longitud y latitud exactas de los equipamientos de salud, educación, recreación, cultura y transporte de la ciudad, todos influenciados directamente con intervenciones tanto del gobierno como del sector privado. Debido a la no disponibilidad de datos precisos del 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.

En este caso, se optó por incluir el número de equipamientos de cada tipo disponibles en cada barrio porque al no tener datos geo-referenciados a nivel individual, solo se puede calcular la distancia desde el centroide de cada barrio hasta el *amenity* más cercano, lo cual no aporta mayor precisión al estudio. Adicionalmente, en un contexto en el que todavía existen fronteras invisibles en los barrios ya sea porque sus condiciones socioeconómicas difieren profundamente o por cuestiones de seguridad, el número de *amenities* de cada tipo disponibles dentro del propio barrio, es aquel al que se tiene garantizado el acceso.

Otro argumento que justifica la elección del número de *amenities* proviene de la teoría de los vínculos espaciales (Randinelli, 1988), que plantea que el número de vínculos físicos, económicos, de integración social (cultura, religión, deporte) y de prestación de servicios disponibles en un área, tienen un impacto positivo sobre el desarrollo y las condiciones de vida. Un vínculo, puede ser un *amenity* que tiene la capacidad de generar una interacción más

¹⁵ Otros estudios sobre modelos hedónicos que utilizan datos reportados por los residentes son Chay & Greenston (2005) y Zhang & Wang (2013).

estrecha entre los mercados de la ciudad, hacer más conveniente y menos costoso participar en actividades de ocio y distribuir más ampliamente los servicios requeridos para el desarrollo urbano.

La creación de un nuevo vínculo puede generar un efecto de cascada haciendo posibles otras actividades, cambiar el flujo de recursos económicos, el patrón social de interacción y el movimiento de bienes y personas (Rondinelli, 1988). Así, la creación de nuevos vínculos y la interconexión entre ellos, puede favorecer el crecimiento, la distribución de ingresos a lo largo del territorio, la diversificación económica y cultural e incrementar los niveles de calidad de vida al interior de los barrios de una ciudad.

Finalmente, se incluyeron en el estudio datos sobre la densidad poblacional en cada barrio, calculada con estadísticas provenientes del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) y se incluyeron *dummies* de tiempo para capturar cambios generales en el precio e inflación entre 2010 y 2014. Una vez ordenados los datos, se realizaron pruebas de diagnóstico sobre regresiones lineales a los datos de cada año 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 de acuerdo con el criterio del investigador, estaban mal tabuladas o presentaban inconsistencias entre el precio revelado y las características estructurales y de barrio asociadas. Bajo todas estas consideraciones, la base de datos final contiene los precios de alquiler de 4.090 observaciones en 2010 y 4.219 en 2014, asociadas a las características estructurales de cada vivienda y los *amenities* disponibles en el barrio.

4 RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

El análisis descriptivo resume y analiza las características socioeconómicas de los jefes de hogar entrevistados en la ECVM2010 y ECVM2014, los atributos de vivienda y las características de barrio relevantes. El análisis se realizó por barrios, comunas y zonas de la ciudad para identificar las tendencias espaciales y así poder relacionarlo con el análisis de los efectos del Metroplús. La **Tabla 2** presenta un resumen de las estadísticas descriptivas separadas entre el área de tratamiento y de control en los escenarios base y de tratamiento, respectivamente.

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 de los precios son mayores en el área de control: en el área de tratamiento los alquileres se apreciaron 27,80% en el periodo 2010 – 2014, mientras que en el área de control la apreciación fue de 28,73% (el promedio de la ciudad fue 28,50%). Los atributos de las propiedades constituyen un factor importante de diferenciación en Medellín. En la ciudad predominan el estrato bajo y medio bajo, los apartamentos pequeños, con cuatro ambientes o menos, y 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 en red, cubre cerca de dos tercios de los hogares entrevistados. La falta de acceso total en este último puede explicarse por la dificultad para hacer crecer la red de gas a la misma velocidad en que lo ha hecho el número de viviendas (Medellín Cómo Vamos, «en línea»¹⁶). Esta es la variable que presenta mayor cambio entre la muestra de 2010 y 2014. Por otro lado, los servicios de teléfono e internet tienen mayor cobertura en las comunas de mayor ingreso (11 y 14). Particularmente la comuna 14 que es la zona de mayor estatus socioeconómico en la ciudad cuenta con cobertura casi total de este servicio, mientras que en la comuna 1, donde habita el mayor porcentaje de personas de estrato bajo-bajo, la cobertura en 2014 es cercana a un tercio de los entrevistados.

Las características de barrio, resumidas por comuna, se muestran en el **Anexo 3**. 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, 8 de estrato bajo y la 9 de estrato medio bajo. Al estudiar las áreas de influencia de cada estación del SITVA¹⁷, quedan por fuera del radio de influencia las comunas 6 y 9 y aunque se encuentra en el área de influencia del Metro y el Metrocable, en la comuna 7 más del 80% de los entrevistados no tiene fácil acceso al sistema.

¹⁶ Tomado de: <http://www.medellincomovamos.org/vivienda-y-servicios-p-blicos-0> (consultado el 12 de marzo de 2016)

¹⁷ Las AI del SITVA fueron calculadas siguiendo el mismo procedimiento del AI del Metroplús y solo con el propósito de describir la cobertura del SITVA en la ciudad, pues como se ha explicado antes, la variable incluida en el vector de *amenities* es la cantidad de cada uno.

Si se analizan las características más relevantes en las seis zonas de la ciudad (Ver **Mapa 1**), se pueden identificar ciertos patrones. La zona nororiental, de estrato predominantemente bajo, es la segunda de menos equipamientos de recreación y deportes. La mayor parte de los barrios en el Área de Influencia (AI) de la Línea 1 del Metroplús se encuentran en esta zona (Ver **Anexo 2**). En contraste, la zona noroccidental, también de estrato bajo, tiene el mayor número de equipamientos de recreación y deportes en la ciudad. Solamente un barrio de esta zona está dentro del AI del Metroplús.

Las zonas centro oriental y centro occidental son muy heterogéneas. En las tres comunas de la zona centro oriental, predominan estratos socioeconómicos distintos: bajo (comuna 8), medio bajo (comuna 9) y medio (comuna 10). En esta zona, 15 barrios están dentro del AI del Metroplús. La zona centro occidental, con solo 4 barrios dentro del AI del Metroplús está conformada por la comuna 11, única de la ciudad donde predomina el estrato medio alto; la comuna 12 de estrato predominantemente medio, y la comuna 13 donde predomina el estrato bajo y tiene una alta presencia de entrevistados de estrato bajo-bajo.

La zona suroriental solamente tiene una comuna. El poblado es de estrato alto (73,83%). Además de ser la zona de viviendas mejor equipadas también tiene el mayor porcentaje de acceso a los servicios públicos. En el Poblado se encuentran 3 estaciones de Metro y sólo uno de sus barrios está en el AI del Metroplús; sin embargo, en 2010 y 2014 no se entrevistaron jefes de hogar en este barrio. El estrato predominante en la zona suroccidental es el medio bajo. Por las 8 estaciones situadas en la comuna 16, es la segunda zona con mayor número de barrios dentro del AI.

Respecto al perfil socioeconómico de los entrevistados, la característica personal que presenta mayores diferencias entre las comunas de mayores y menores ingresos en la ciudad es la educación. En el 2014, los años promedio de educación en la ciudad fueron 8,5 y el porcentaje de personas sin ningún nivel de escolaridad supera a los habitantes de la ciudad con estudios universitarios. Del primer grupo, 68% residen en las comunas de estrato predominantemente bajo, mientras que el 67% de las personas con educación universitaria viven en cuatro comunas: la comuna 14, que es la única de estrato predominantemente alto, la 11 de estrato medio alto, 12 de estrato medio y 16, en donde a pesar de predominar el estrato medio bajo, hay una importante presencia de estrato medio y medio alto.

Tabla 2. Estadísticas descriptivas de atributos de propiedad y personales

	Área de tratamiento		Área de control		TOTAL	
	Antes (2010)	Después (2014)	Antes (2010)	Después (2014)	Antes (2010)	Después (2014)
VARIABLES CONTINUAS *						
	Media	Media	Media	Media	Media	Media
Alquiler de la vivienda	364.708 [221.180,8]	466.097,5 [269.520,9]	360.581,3 [272.931,2]	464.187,1 [345.185,5]	361.642 [260.596,1]	464.697,9 [326.646,8]
<i>Atributos de la propiedad</i>						
Número de cuartos para dormir en el hogar	3,90 [1,41]	5,02 [1,50]	3,89 [1,38]	5,16 [1,41]	3,90 [1,39]	5,13 [1,43]
Número de servicios sanitarios del hogar	2,29 [0,60]	2,34 [0,60]	2,32 [0,63]	2,35 [0,64]	2,32 [0,62]	2,35 [0,63]
<i>Características personales</i>						
Número de personas en el hogar (Mediana)	3,74 [1,77]	3,60 [1,67]	3,77 [1,72]	3,56 [1,62]	3,76 [1,73]	3,57 [1,63]
Edad (Media)	46,35 [15,16]	47,20 [15,62]	44,36 [14,37]	44,71 [14,78]	44,88 [14,61]	45,38 [15,04]
VARIABLES DISCRETAS **						
	Frecuencia	Frecuencia	Frecuencia	Frecuencia	Frecuencia	Frecuencia
<i>Atributos de la propiedad</i>						
<i>Tipo de vivienda</i>						
Apartamento	53,19	82,80	55,87	82,72	55,18	82,74
Casa	46,81	17,20	44,13	17,28	44,82	17,26
Materiales de calidad en las paredes†	99,33	99,20	99,18	99,55	99,22	99,45
Materiales de calidad en los pisos†	99,81	99,82	99,84	99,58	99,83	99,64
Cocina†	100,00	96,99	100,00	96,05	100,00	96,30
Garaje	9,13	8,87	10,10	11,16	9,85	10,55
Vivienda con servicio de electricidad†	100,00	99,91	100,00	99,81	100,00	99,83
Vivienda con servicio de acueducto†	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Vivienda con servicio de alcantarillado†	100,00	99,91	100,00	99,35	100,00	99,50
Vivienda con línea de teléfono fijo	91,25	83,95	89,47	79,36	89,93	80,59
Vivienda con servicio de recolección de basuras†	100,00	99,91	100,00	99,81	100,00	100,00

Tabla 2. Estadísticas descriptivas de atributos de propiedad y personales

	Área de tratamiento		Área de control		TOTAL	
	Antes (2010)	Después (2014)	Antes (2010)	Después (2014)	Antes (2010)	Después (2014)
Vivienda utiliza gas en pipeta	39,39	22,78	42,32	26,66	41,56	25,62
Vivienda conectada a la red de gas natural	48,43	71,63	44,46	69,23	45,48	69,87
Vivienda con servicio de internet	33,97	58,60	32,97	55,58	33,23	56,39
Vivienda con servicio de televisión por cable	66,32	70,48	68,81	74,44	68,17	73,28
<i>Estrato socioeconómico</i>						
Estrato 1 – Bajo bajo	3,14	3,19	14,45	14,40	11,54	11,40
Estrato 2 - Bajo	37,20	32,62	36,16	34,39	36,43	33,92
Estrato 3 – Medio bajo	43,77	46,01	28,73	29,57	32,59	33,97
Estrato 4	10,94	11,35	12,11	12,29	11,81	12,04
Estrato 5	4,35	6,83	5,92	6,47	5,67	6,57
Estrato 6	-	-	2,63	2,88	1,96	2,11
<i>Características personales</i>						
Sexo						
Hombre	56,61	50,09	58,84	48,72	58,26	49,04
Mujer	43,39	49,91	41,16	51,28	41,74	50,96
Nivel educativo del jefe de hogar						
Ninguno	11,04	10,99	11,58	11,45	11,44	11,33
Primaria (1 a 5)	31,30	27,04	30,96	27,66	31,05	27,49
Secundaria (6 a 9)	11,61	7,89	9,87	7,47	10,32	7,58
Media (10 a 13)	28,26	33,95	28,73	30,05	28,61	31,10
Técnico (2 años) / Tecnológico (3 años)	8,37	11,17	7,67	10,97	7,85	11,02
Universitario	8,28	6,91	9,31	9,35	9,05	8,70
Posgrado (Especialización, Maestría, Doctorado)	1,14	2,04	1,88	3,04	1,69	2,77
N	1.051	1.128	3.039	3.091	4.090	4.219

* En [] se presenta la desviación estándar

**Frecuencia presentada en porcentaje (%)

†No incluida en análisis econométrico debido a que no presenta variabilidad

Fuente: Elaboración propia con datos de ECVM2010 y ECVM2014

4.2 ÍNDICE DE CALIDAD DE VIDA URBANA

Los resultados del modelo hedónico cuasi experimental utilizado para estimar el impacto de la accesibilidad al Metroplús sobre las tasas de crecimiento¹⁸ de los precios de alquiler de vivienda en Medellín por Mínimos Cuadrados Ordinarios, se presentan en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Efecto de la accesibilidad al Metroplús sobre los precios de vivienda en Medellín

	Coefficiente	Errores estándar robustos	t	p-value	Intervalo de confianza al 95%	
T	0,095***	0,009	10.380	0.000	0,077	0,113
M	0,040***	0,011	3.670	0.000	0,019	0,062
Efecto de la puesta en marcha del Metroplús	-0,016	0,015	-1.060	0.287	-0,045	0,013
<i>Atributos de la propiedad</i>						
Tipo de vivienda ^a						
Casa	-0,049***	0,008	-6.200	0.000	-0,065	-0,034
Garaje ^a	0,109***	0,013	8.420	0.000	0,083	0,134
Número de cuartos	0,062***	0,003	21.580	0.000	0,057	0,068
Número de servicios sanitarios	0,175***	0,008	21.280	0.000	0,159	0,191
Vivienda con línea de teléfono fijo ^a	0,034***	0,010	3.330	0.001	0,014	0,054
Vivienda utiliza gas en pipeta ^a	0,023*	0,012	1.930	0.053	0,000	0,046
Vivienda conectada a red de gas natural ^a	0,136***	0,012	11.510	0.000	0,113	0,159
Vivienda con servicio de internet ^a	0,094***	0,008	11.650	0.000	0,078	0,110
Vivienda con televisión por cable ^a	0,047***	0,008	5.640	0.000	0,031	0,063
Estrato socioeconómico ^a						
Estrato 2	0,203***	0,012	16,790	0,000	0,179	0,226
Estrato 3	0,528***	0,013	40,190	0,000	0,503	0,554
Estrato 4	0,848***	0,018	48,240	0,000	0,814	0,883
Estrato 5	1,009***	0,022	45,430	0,000	0,966	1,053
Estrato 6	1,270***	0,033	38,750	0,000	1,205	1,334
<i>Características de barrio</i>						
Porcentaje de minoría	-0,020	0,015	-1,340	0,180	-0,050	0,009
Porcentaje de entrevistados que se sienten seguros	0,096***	0,025	3,920	0,000	0,048	0,144
Estaciones de metro en el barrio	-0,014	0,012	-1,100	0,270	-0,038	0,011
Estaciones de Metro Cable en el barrio	-0,047**	0,019	-2,480	0,013	-0,083	-0,010
Colegios e Instituciones educativas	-0,012***	0,002	-5,810	0,000	-0,016	-0,008
Instituciones de educación superior y universidades	0,023***	0,007	3,390	0,001	0,010	0,036
Instituciones prestadoras del servicio de salud	0,021***	0,006	3,700	0,000	0,010	0,032
Organizaciones culturales	-0,008	0,005	-1,570	0,117	-0,018	0,002
Organizaciones para el culto y la religión	-0,006*	0,004	-1,710	0,086	-0,013	0,001
Organizaciones para el deporte y recreación	0,002	0,003	0,730	0,466	-0,003	0,007
Densidad Poblacional	0,000***	0,000	-7,440	0,000	0,000	0,000

¹⁸ Se interpreta de esta forma por la forma funcional semi logarítmica de la regresión hedónica.

Constante	11,333	0,047	242,570	0,000	11,241	11,424
R- Square	0,7566					
N	8.309					

Nota: Estimación de Mínimos Cuadrados Ordinarios con errores estándar robustos para controlar por heterocedasticidad.

^a Los niveles de referencia son: Apartamento, vivienda sin garaje, sin teléfono fijo, sin gas en pipeta, no conectada a gas natural, sin servicio de internet, sin televisión por cable y Estrato 1.

Significancia: *** p<0.01; ** p<0.05; * p<0.1.

Fuente: Elaboración propia

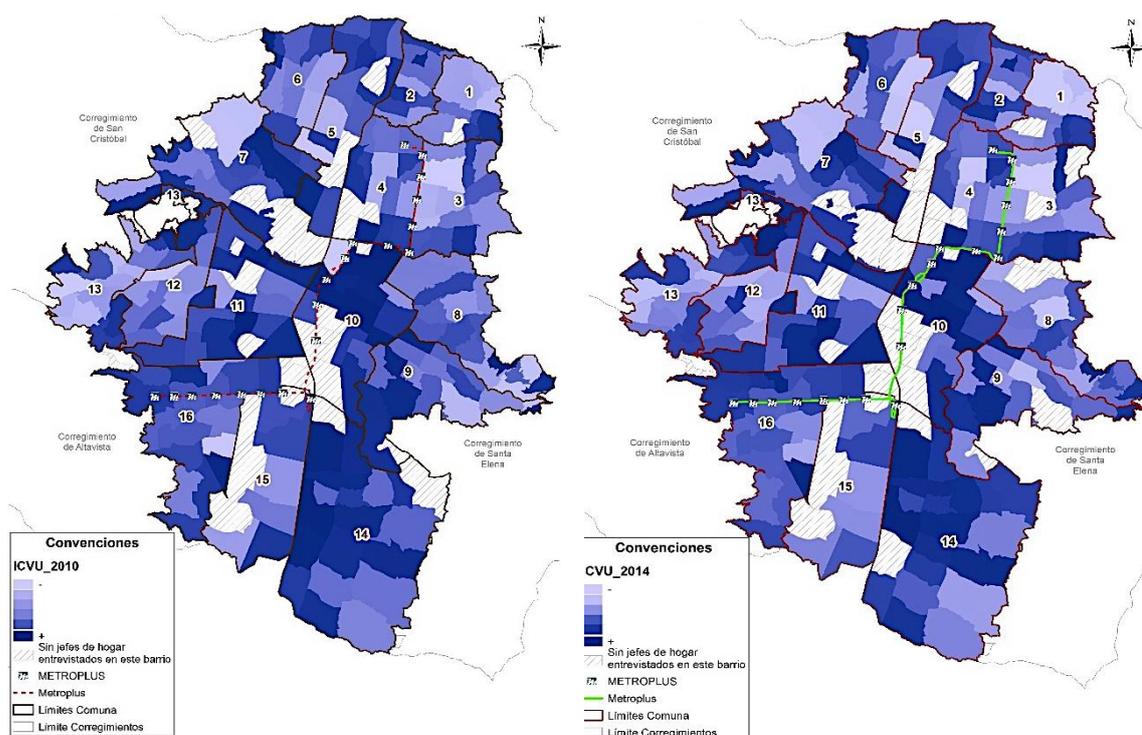
Los resultados muestran que en Medellín los precios de vivienda incrementan con mejores atributos estructurales: estas variables resultaron significativas y con el signo esperado de acuerdo con la revisión de la literatura. Un mayor estatus socioeconómico está asociado con mayores precios de vivienda lo que 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 en la ciudad limita los efectos de las políticas públicas. En línea con lo esperado, percibir el barrio en que se reside como un lugar seguro, vivir cerca de instituciones prestadoras del servicio 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, las organizaciones culturales en el barrio, el número de estaciones de Metro Cable y el número de 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. El estimador de Diferencias en Diferencias con covariables confirma este resultado (ver **Anexo 4**): la diferencia de precios entre el grupo de tratamiento y de control en 2010 ya era significativa, lo que implica 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 el 2010 y 2014 está influenciada por otras variables diferentes a la accesibilidad al Metroplús.

Utilizando los coeficientes de los *amenities* con un efecto significativo sobre las tasas de crecimiento de los precios de alquiler de vivienda en Medellín, se estimó el Índice de Calidad de Vida Urbana para cada barrio y comuna, siguiendo la ecuación (15):

$$ICVU = 0.096 * pseguros - 0.047 * ncable - 0.012 * ncolegio + 0.023 * nunisup + 0.021 * nsalud - 0.006 * nculito \quad (15)$$

En línea con los planteamientos teóricos ya expuestos, el índice de CVU por barrios y comunas, está positivamente correlacionado con el precio (ver **Anexo 5**), lo que indica que las personas están dispuestas a pagar más por tener acceso a los *amenities* que tienen un efecto positivo sobre su calidad de vida urbana. Los resultados por barrio fueron georreferenciados y se presentan en el **Mapa 2**, en el que los colores más oscuros indican mayor Calidad de Vida Urbana.



*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.

Mapa 2. Distribución espacial de la Calidad de Vida Urbana en Medellín 2010 y 2014.

Fuente: Elaboración propia

La tonalidad levemente más clara del mapa de 2014 se debe a la menor magnitud del índice en 2014 y se puede explicar por el incremento de los *amenities* con efectos negativos sobre la CVU en el periodo 2010 – 2014. El índice de autocorrelación espacial¹⁹ del ICVU en 2010 y 2014 (**Anexo 6**) es de 0,19 y 0,11 respectivamente, que si bien no es una correlación

¹⁹ En este caso, se estimó el índice de Moran que identifica la dirección y el grado de correlación de una variable con respecto a un espacio definido. Toma valores de [-1,1], acercándose a 1 si existe asociación positiva entre vecinos, y -1 en el caso contrario.

alta, al ser distinta de cero indica que los barrios con mayor nivel de calidad de vida urbana tienden a estar cerca unos de otros. A la vez, la reducción en la autocorrelación espacial, sugiere que en la ciudad, la segregación socioeconómica de la calidad de vida urbana se redujo entre 2010 y 2014.

El ranking de Calidad de Vida Urbana por comunas en Medellín (**Anexo 7**), muestra que en ambos años se mantuvieron en el primer lugar la comuna 10 y en el último 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 del servicio de salud que tienen un efecto positivo sobre la CVU en Medellín. Al interior de la comuna se pueden encontrar estaciones del Metroplús línea 1 y del Metro, por lo cual 14 de sus 17 barrios están en el área de influencia del SITVA.

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 (37,05%). Respecto a los *amenities* que tienen un efecto sobre la calidad de vida urbana, se encuentran 31 instituciones educativas (escuelas y colegios) tres instituciones prestadoras de servicios de salud, 10 iglesias y 13 *amenities* de deportes y recreación. 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 de la zona nororiental subió una posición, mientras que las comunas 16 y 10 se mantuvieron en el mismo lugar. 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. En el **Mapa 2**, se puede observar una disminución en la CVU de los barrios de la Comunas 4 y 8, especialmente los más cercanos a las estaciones del Metroplús.

Este efecto mixto, se refleja en los resultados del modelo de diferencias en diferencias simple estimado para establecer el efecto de la accesibilidad al Metroplús sobre el cambio en la calidad de vida urbana 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.

Los resultados muestran un impacto positivo y significativo de la puesta en marcha del sistema BRT sobre la CVU (Ver **Tabla 4**). Sin embargo, el efecto es de muy baja

magnitud, lo que puede estar influenciado por la distribución espacial de los entrevistados y la percepción que tienen sobre el sistema. Tanto en 2010 como en 2014, la mayor parte de los entrevistados dentro del AI del Metroplús, estaban ubicados en la zona nororiental (50,74% y 49,85% respectivamente) seguido de la zona centro oriental (Ver **Anexo 2**).

Tabla 4. Impacto del Metroplús sobre la CVU.

Resultados de la estimación de Diferencias en Diferencias

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]

*Número de barrios entrevistados por año.

Nota: Las covariables en este caso, son las mismas de la estimación por MCO. Errores estándar en []. Significancia: *** p<0.01; ** p<0.05; * p<0.1. Las medias y los errores estándar son calculados por regresión lineal.

Fuente: Elaboración propia

La percepción que tienen los habitantes de cada zona de los cambios generados por la puesta en marcha del sistema, pudo constatarse con el estudio de percepción de imagen del Metroplús²⁰. 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 (comuna 3), pero presentan quejas sobre su operación y manifiestan inconformidad porque al entrar en operación se eliminaron los demás medios de transporte público dejando muchas zonas sin transporte. Esto afecta negativamente sus condiciones de vida, porque en algunos barrios no se puede acceder fácilmente al Metroplús.

En la zona centro se detecta la mayor inconformidad con el sistema BRT porque no se ve orden, ni claridad en estaciones ni posibilidades de carril propio para la Línea 2 y ninguno de los entrevistados considera que el Metroplús haya tenido un efecto en la transformación del sector. Esto reafirma la decisión tomada de incluir solo línea 1 en este estudio. En la zona noroccidental, especialmente en la comuna 16, los entrevistados relacionan al Metroplús con progreso y cambios positivos en el medio ambiente como una evidente disminución del

²⁰ La investigación fue realizada por Metroplús S.A en 2015, en 10 barrios de las 6 zonas de la ciudad y facilitado para esta investigación por el área de comunicaciones de la organización.

polvo. Los habitantes de la zona valoran mucho su aporte a la calidad de vida y su conectividad con el SITVA. Estas percepciones reafirman el efecto positivo del Metroplús sobre la CVU en la zona suroccidental y en la comuna 3 y el efecto desfavorable que presenta en la zona nororiental y centro.

5 CONCLUSIONES

Esta investigación estima el efecto de la accesibilidad al Metroplús sobre la Calidad de Vida Urbana en Medellín. Para hacerlo, utiliza el enfoque hedónico de calidad de vida, 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 sus condiciones de vida. Para ello se han utilizado datos de la Encuesta de Calidad de Vida de Medellín, 2010 y 2014.

El efecto de la puesta en marcha del Metroplús sobre las tasas de crecimiento de los precios de vivienda, en el periodo 2010 – 2014, es negativo y no significativo. Sin embargo, este resultado puede estar influenciado por la utilización de datos de alquiler y no de venta. La legislación colombiana prohíbe incrementar los precios de arrendamiento por encima de la tasa de inflación a menos que se cambie de inquilino. Esto puede significar que para capturar el efecto total se requiere de un periodo de tiempo mayor que permita suficientes cambios de residencia de los entrevistados.

Se encontró un efecto positivo y significativo del Metroplús sobre la calidad de vida urbana en Medellín, aunque de baja magnitud debido a que los resultados de la implementación de este sistema difieren a lo largo del territorio urbano. El efecto es positivo en la zona suroccidental en que 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. Además, su papel fundamental 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: *i)* la alta dependencia que tiene el impacto de los sistemas de transporte BRT a la percepción de los habitantes a su alrededor; 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 de vida. *ii)* 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 (al igual que otros trabajos como Vichi, 2002; Deng & Nelson, 2013). *iii*) la importancia de validar con la comunidad beneficiaria la implementación de estos sistemas para garantizar un efecto positivo y significativo sobre su bienestar.

Vale la pena mencionar que los resultados de la investigación están limitados por el tipo y la disponibilidad de datos. No se 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 impide calcular la distancia a cada uno de los *amenities* considerados, comparar los resultados con los obtenidos utilizando el número de equipamientos por barrio y estimar los resultados en diferentes radios de distancia.

De esta forma, sería 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 et al., (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. Finalmente, el contexto específico de Medellín presenta un desafío en la evaluación de políticas de cualquier tipo debido a la cantidad de incentivos e intervenciones realizadas durante los últimos diez años, la mayor parte de ellos, con el objetivo de generar impactos positivos sobre la calidad de vida.

A pesar de esto, este estudio 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 provee una línea base de investigación y abre la puerta para estudios futuros en los que se puedan validar, utilizando otras metodologías, los efectos del Metroplús y el SITVA sobre la calidad de vida de los habitantes de Medellín. Esta información puede servir como insumo para las acciones de política, especialmente, para la adecuada planeación de las obras de ampliación del sistema contempladas en los próximos 15 años (ver **Anexo 8**).

5.1 DISCUSIÓN

El análisis del efecto del Metroplús sobre la Calidad de Vida Urbana ratifica la importancia de identificar la contribución de los sistemas de transporte público a la calidad de vida en cada zona de la ciudad, para entender claramente si sus beneficios superan sus costos y si su impacto se da en las áreas que más lo necesitan, lo que puede ayudar a los

policymakers a tomar decisiones más apropiadas sobre el nivel de provisión y la ubicación de los sistemas.

En el caso del Metroplús, los habitantes de las zonas nororiental y centro oriental, de estatus socioeconómico predominantemente bajo, perciben externalidades negativas por la puesta en marcha del sistema, principalmente por problemas de acceso e incertidumbre sobre su habilidad para transformar su entorno de forma permanente. Debido a que en la ciudad las rutas de buses públicos funcionan de forma radial orientadas principalmente al centro, las dificultades de acceso al BRT en estas comunas de menor ingreso pueden convertirse en un obstáculo para acceder a oportunidades que ofrece la ciudad en zonas alejadas, a las que pueden acceder pagando un solo ticket en el SITVA.

Esto pone en evidencia que a pesar de la imagen positiva del transporte público en Medellín y de los cambios que ha logrado, persisten retos en su planeación e implementación, que serán fundamentales para que los proyectos futuros sean exitosos y generen un efecto positivo sobre el bienestar de todos los habitantes de la ciudad. Específicamente, se debe focalizar la inversión en mejorar las condiciones de acceso y los costos de movilidad de quienes se encuentran en condiciones desfavorables, complementar los esquemas grandes con buses alimentadores o sistemas no motorizados como las bicicletas que cubran toda el área de influencia y faciliten la movilización de las personas hacia las estaciones.

Finalmente, los resultados de este estudio ponen sobre la mesa un asunto relacionado con la equidad fiscal. Por ser uno de los programas de gasto más grandes de cualquier gobierno, la puesta en marcha de un sistema de transporte masivo generalmente está acompañada de un incremento en los impuestos de quienes residen alrededor, por esto es importante que los precios de mercado de las viviendas se incrementen y cubran este gasto. Sin embargo, si el efecto del sistema BRT es negativo como muestra el resultado del modelo hedónico, entonces puede ocurrir que se esté incrementando la base imponible de quienes tienen menos recursos, generando un externalidad negativa y convirtiéndose en un incentivo para mudarse a áreas alejadas, lo cual exacerbaría la reducción en los precios.

AGRADECIMIENTOS

El investigador agradece a la Secretaría de Planeación de la Alcaldía de Medellín por brindar los datos necesarios para esta investigación. Específicamente, al Centro de Documentación por facilitar los datos de la Encuesta de Calidad de Vida de Medellín 2010 y 2014 y a la Oficina de Catastro por proporcionar la Geodatabase de los Planes de Ordenamiento

Territorial 2006 y 2010. A la Oficina de Comunicaciones del Metroplús S.A por brindar los datos del estudio de percepción 2015 que fueron muy importantes para esclarecer los hallazgos de la tesis y fortalecer las conclusiones. El autor agradece la financiación del Programa Enlaza Mundos de Sapiencia recibida para realizar estudios de posgrado en el exterior. A la directora de esta tesis, los profesores y compañeros de la Universidad de Buenos Aires y de la Universidad Nacional de Colombia quienes con sus aportes y revisiones enriquecieron los resultados de este trabajo.

6 REFERENCIAS

- Aedo, C., 2005. Evaluación del impacto. Primera ed. Santiago de Chile: Naciones Unidas Cepal.
- Ahlfeldt, G., 2011. If we build, will they pay? Predicting property price effects of transport innovations. *SERC Discussion Paper 75*.
- Alcaldía de Medellín, 2011. *Proyecciones de Población 2006-2015. Por comunas y corregimientos*, Medellín, Colombia: Resultados Convenio Interadministrativo DANE - Municipio de Medellín 2009.
- Alcaldía de Medellín, 2015. *Encuesta de calidad de vida de Medellín 2014*. Municipio de Medellín.
- Angrist, J. D. & Krueger, A., 2001. "Instrumental variables and the search for identification: From supply and demand to natural experiments". *Journal of Economic Perspectives*, Volumen 15, pp. 69-85.
- Anselin, L. & Lozano-Gracia, N. 2009. Spatial Hedonic Models. En: Palgrave *Handbook of Econometrics*.
- Arnott, R. & McMillen, D. e., 2006. *"A Companion to Urban Economics"*. Boston: Blackwell Publishing Ltd..
- Bartik, T. J., and V. K. Smith, (1987) "Urban amenities and public policy," En: E.S. Mills, ed., *Handbook of Regional and Urban Economics*, vol. 2. North-Holland, Amsterdam.
- Blomquist, G., Berger, & John P. Hoehn. 1988. "New Estimates of Quality of Life in Urban Areas" *American Economic Review*, 78: 89-107.
- Blomquist, G. C., 2005. "Quality of life". En: *"A companion to urban economics"*. Boston: Blackwell Publishing.
- Brand, P. y Dávila, J., 2011. "Movility innovation at the urban margins: Medellín's Metrocables". *City 15:6*.

- Brueckner, J., 2011. *"Lectures on urban economics"*. Primera ed. Cambridge, Massachusetts : The MIT Press.
- Cerulli, G., 2015. *Econometric evaluation of socio-economic programs. Theory and Applications*. Primera ed. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Cervero, R. & Duncan, M., 2002. *Land Value Impacts of Rail Transport Services in Los Angeles County*, LA: National Association of Realtors. Urban Land Institute .
- Cervero, R. & Kang, C., 2011. Bus rapid transit impacts on land uses and land values in Seoul, Korea. *Transport Policy*, Volumen 18, pp. 102-116.
- Chay, K. & Greenston, M., 2005. Does air quality matter? Evidence from the housing market. *Journal of Political Economy*, Volumen 113, pp. 376-424.
- Davis, L., 2004. The effect of health risk on housing values: Evidence from a cancer cluster. *American Economic Review*, Volumen 94, pp. 1693 - 1704.
- DfT, D. f. T., 2012. "Economic case for HS2: Updated appraisal of transport user benefits and wider economic benefits". *London: DfT*.
- Deng, T. & Nelson, J., 2013. Bus Rapid Transit implementation in Beijing: An evaluation of performance and impacts.. *Research in Transportation Economics*, 39(1), pp. 108-113.
- Cropper, M., Deck, L., & McConnell, K. 1988. "On the choice of functional forms for hedonic price functions" *Review of Economics and Statistics*, 70, 668-675.
- Dube, J., Rosiers, F., Theriault, M. & Dib, P., 2011. Economic impact of a supply change in mass transit in urban areas: a Canadian example. *Transportation Research Part A*, 45: 46-62.
- Duque, J., Velásquez, H. & Agudelo, J., 2011. "Infraestructura pública y precios de vivienda: una aplicación de regresión geográficamente ponderada en el contexto de precios hedónicos". *Ecos de Economía*, 33: 95 - 122.
- Eddington, S., 2006. "The Eddington transport study: The case for action: Sir Rod Eddington's advice to Government".
- Giannias, D.1998. "Labour quality and wage differentials" *Scottish Journal of Political Economy*. 45: 188 - 197.
- Gyourko, J. & Tracy, J. (1989) "The Importance of Local Fiscal Conditions in Analyzing Local Labor Markets." *Journal of Political Economy*. 97: 1208-1231.
- Glaeser, E., 2010. *Agglomeration Economics*. Chicago: National Bureau of Economic Research. The University of Chicago Press.

- Ham, A., 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*.
- Hensher, D. & Mulley, C., 2015. Modal Image: candidate drivers of preference differences for BRT and LRT. *Transportation*, 42(1), pp. 7-23.
- Kanemoto, Y., 2006. "Urban transport economic theory" . En: R. J. Arnott & D. P. McMillen, edits. *"A Companion to Urban Economics"* . Boston: Blackwell Publishing Ltd. , pp. 245 - 260.
- Lambiri, D., Biagi, B., Royuela, V. 2006. "Quality of life in the Economic and Urban Economic literature" *Social Indicators Research*. 84:1 - 25
- Lancaster, K. 1966. "Change and innovation in the technology of consumption". *American Economic Review*. 56.14-23.
- Lora, E., Powell, A., van Praag, B. & Sanguinety, P., 2010. *"The quality of life in Latin American Cities"*. Primera ed. Washington DC, USA: The Inter-American Development Bank.
- Medellín Como Vamos, 2016. *Informe de Calidad de Vida 2012 -2015*, Medellín: s.n.
- Medina, C., Morales, L. & Núñez, J., 2010. "Quality of life in urban neighborhoods of Bogotá and Medellín, Colombia. En: *"The quality of life in Latinamerican Cities"*. Washington DC, USA: The Inter-American Development Bank, pp. 117-160.
- Mitra, S. & Saphores, J., 2016. The value of transportation accessibility in a least developed country city - The case of Rajshahi City, Bangladesh. *Transportation Research Part A*, Volumen 89, pp. 184-200.
- Mulley, C., Ma, L., Clifton, G., Yen, B. & Burke, M. 2016. Residential property value impacts of proximity to transport infrastructure: An investigation of bus rapid transit and heavy rail networks in Brisbane, Australia. *Journal of Transport Geography*, Volumen 54, pp. 41-52.
- Mulley, C. & Tsai, C.-H., 2016. When and how much does new transport infrastructure add to property values? Evidence from the bus rapid transit system in Sydney, Australia. *Transport Policy*.
- Munoz-Raskin, R. 2010. "Walking accessibility to bus rapid transit: Does it affect property values? The case of Bogotá, Colombia" *Transport Policy*. 17:72-84

- Parmeter, C & Pope, J., 2013. Quasi-Experiments and Hedonic Property Value Methods. En: *Handbook on Experimental Economics and the Environment*. John A. List (Ed.) Chicago, USA.
- Perdomo, J. 2011. "A methodological proposal to estimate changes of residential changes of residential property value: case study developed in Bogotá" *Applied Economics Letters*. 18:1577 - 1581
- Perk, V. & Catala, M., 2009. *Land use impacts of bus rapid transit: effect of BRT station proximity on property values along the Pittsburgh Martin Luther King, Jr. East busway*, s.l.: National Bus Rapid Transit Institute. University of South Florida.
- Pope, J., 2008. Buyer information and the hedonic: the impact of a seller disclosure on the implicit price of airport noise. *Journal of Urban Economics*, Volumen 63, pp. 498 - 516.
- Rodríguez Vignoli, J., 2001. *Segregación residencial socioeconómica: ¿qué es? ¿cómo se mide? ¿por qué está pasando? ¿importa?*. Santiago, Chile.: Naciones Unidas. CEPAL. Serie población y desarrollo.
- Rodríguez, D. & Mojica, C., 2009. Capitalization of BRT network expansions effects into prices of non-expansion areas. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* , 43(5), pp. 560-571.
- Rodríguez, D. & Targa, F., 2004. Value of Accessibility to Bogota's Bus Rapid Transit System. *Transport Reviews*, 24(5), pp. 587 - 610.
- Rondinelli, D., 1988. *Método aplicado de análisis regional. La dimensión espacial de la política de desarrollo*. Primera ed. Medellín: Banco Central Hipotecario. Gobernación de Antioquia.
- Rosen, S., 1974. "Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition". *Journal of Political Economy*, Volumen 82, pp. 34 - 55.
- Sen, A. 1987. *The standard of living: The Tanner Lectures*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Sen, A., 2011. Quality of Life: India vs. China. *The New York Review of Books*, pp. 44-45.
- Smith, J., Gihring, T. & Litman, T., 2013. Financing Transi System through value capture: An annotated Bibliography.. *Victoria Transport Policy Institute, Canada*.
- Schneider, I., 2013. "Quality of live: Assesment for transportation performance measures". *Minnesota Department of Transportation, Research Services Report* . .

- Stiglitz, J., 2014. *Una luz de esperanza brilla para las ciudades*. [En línea] Available at: <https://www.project-syndicate.org/commentary/joseph-e--stiglitz-on-the-lessons-that-urban-areas-should-learn-from-the-transformation-of-medellin--colombia?version=spanish> [Último acceso: 4 mayo 2016].
- Thynell, M., 2009. "Social change and urban transport". [En línea] Available at: http://www.globalstudies.gu.se/digitalAssets/1299/1299523_TD02_SocialChange_Final.pdf
- UNDESA, 2011. *Shanghai Manual: A Guide for Sustainable Urban Development in the 21st Century*. Primera ed. Shanghai, China: s.n.
- Wingo, L. 1973. "The quality of life: Toward a microeconomic definition" *Urban Studies*. 10:3-18.
- Zhang, M., Meng, X., Wang, L. & Xu, T., 2014. Transit development shaping urbanization: Evidence from the. *Habitat International*, Volumen 44, pp. 545-554.
- Zhang, M. & Wang, L., 2013. The impacts of mass transit on land development in China: The case of Beijing. *Research in Transportation Economics*, Volumen 40, pp. 124-133.

7 ANEXOS

Anexo 1. Fotografías Metroplús Líneas 1 y 2



Cabecera U de M. Estación compartida por líneas 1 y 2. Zona sur occidental



Estación Aranjuez. Estación compartida por líneas 1 y 2. Zona Nororiental



Estación los Alpes. Estación compartida por líneas 1 y 2. Zona sur occidental



Estación Plaza Mayor. Estación línea 1. Zona Centro.



Paradero San Diego. Línea 2.



Paradero La Playa. Línea 2.



Paradero Barrio Colón. Línea 2.



Paradero Barrio Colón. Línea 2.

Fuente: Metroplús (2016)

Anexo 2. Barrios dentro del área de influencia del Metroplús por comuna

Comuna	ZONA	Barrios	AI Metroplús	Entrevistados en AI 2010		Entrevistados en AI 2014	
				Total	% Zona	Total	% Zona
1 – Popular	1	12	3 barrios	180	50,74%	173	49,85%
2 – Santa Cruz		11	3 barrios	142		134	
3 – Manrique		15	7 barrios	495		465	
4 – Aranjuez		14	12 barrios	520		516	
5 – Castilla	2	14	1 barrio	6	0,22%	4	0,15%
6 - Doce de Octubre		12	-	0		0	
7 – Robledo		22	-	0		0	
8 - Villa Hermosa	3	18	3 barrios	152	19,76%	145	15,09%
9 – Buenos Aires		17	-	0		0	
10 - La Candelaria		17	12 barrios	229		245	
11 – Laureles – Estadio	4	15	4 barrios	142	5,36%	142	5,50%
12 - La América		12	-	0		0	
13 – San Javier		19	-	0		0	
14 - Poblado	5	22	1 barrio	1	0,04%	1	0,04%
15 – Guayabal	6	7	2 barrios	61	29,45%	59	29,37%
16 – Belén		21	15 barrios	719		700	
Total entrevistados AI.				2.647	100%	2.647	100%

NOTA: Zona 1: Nororiental. Zona 2: Noroccidental. Zona 3: Centro oriental. Zona 4: Centro occidental. Zona 5: Sur oriental. Zona 6: Sur occidental. AI: área de Influencia.

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Características de barrio 2010 y 2014.

Características de barrio de Medellín. Resumen por comuna 2010

Comuna	Barrios en la comuna	Densidad demográfica hab/km2	Estrato socioeconómico predominante	Precio promedio* (USD 2010)	A1	A2	A3	A4	A5	A6	pminoría	pseguridad	pocupa
1 - Popular	12	40.953,89	2 – Bajo	94,22	2MC	3	40C	4	12	11	3,13%	76,22%	58,68%
2 – Santa Cruz	11	49.123,48	2 - Bajo	110,53	1MC	3	22C	2	9	10	2,91%	82,33%	53,85%
3 – Manrique	15	30.421,17	2 – Bajo	121,21	0	3	34C	3	15	13	5,52%	67,40%	62,15%
4 – Aranjuez	14	32.775,76	3 – Medio bajo	165,67	4M	5	38C, 2SU	7	12	6	4,90%	80,69%	57,49%
5 – Castilla	14	24.152,73	3 – Medio bajo	179,26	3M	5	34C, 2SU	4	12	29	1,74%	82,65%	55,52%
6 – Doce de Octubre	12	49.390,45	2 – Bajo	128,32	0	4	29C	6	11	16	1,88%	74,84%	61,58%
7 – Robledo	22	17.285,22	2 – Bajo	174,04	1MC	9	38C, 9SU	2	29	22	5,30%	86,58%	61,33%
8 – Villa Hermosa	18	23.477,47	2 – Bajo	132,59	0	6	42C, 4SU	2	20	30	5,72%	74,77%	58,78%
9 – Buenos Aires	17	22.302,84	3 – Medio bajo	189,68	0	4	32C, 1SU	1	16	13	3,98%	90,12%	54,73%
10 – La Candelaria	17	11.546,77	4 – Medio	281,66	13M†	19	22C, 25SUP	17	22	6	3,97%	70,08%	49,79%
11 – Laureles – Estadio	15	16.291,74	5 – Medio Alto	502,60	4M†	7	13C, 4SU	4	14	3**	2,60%	77,98%	51,83%
12 – La América	12	23.699,00	4 – Medio	353,93	3M†	2	22C	4	9	9	4,38%	70,48%	56,57%
13 – San Javier	19	27.616,13	2 – Bajo	145,98	1M, 2MC	4	27C	1	14	29	4,69%	55,73%	56,90%
14 – Poblado	22	8.372,62	6 – Alto	743,28	3M†	9	19C, 3SU	4	9	2	0,32%	85,53%	63,83%
15 – Guayabal	7	12.505,15	3 – Medio bajo	253,22	2M†	3	16C	2	9	14	0,89%	80,42%	58,75%
16 – Belén	21	21.830,72	3 – Medio bajo	334,68	0	7	30C, 3SU	3	20	21	1,82%	78,00%	51,27%

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la Estratificación Socioeconómica de Viviendas del año 2010 (Alcaldía de Medellín, 2011), ECV2010, POT2006 y POT2014.

*Precio en dólares a la TRM 2010 (\$1.897,89).

**Una de estas es la Unidad Deportiva Atanasio Girardot que cuenta con espacios para la práctica de 37 disciplinas deportivas.

†Estaciones en la frontera de dos comunas, se cuentan para ambas

A1: SITVA. M: Metro, MC: Metrocable.

A2: Salud.

A3: Educación. C: Instituciones educativas, colegios. SU: Instituciones de educación superior y universidades.

A4: Culturales

A5: Iglesias

A6: Recreación y deportes

Características de barrio de Medellín. Resumen por comuna 2014

Comuna	Barrios en la comuna	Densidad demográfica hab/km2	Estrato socioeconómico predominante	Precio promedio (USD 2014)	A1	A2	A3	A4	A5	A6	pminoría	pseguro	pocupa
1 - Popular	12	41.887,95	2 – Bajo	118.42	2MC	3	43C	4	12	13	3.40%	86.39%	54.42%
2 – Santa Cruz	11	50.484,67	2 - Bajo	140.26	1MC	3	22C	2	9	11	10.14%	91.05%	49.90%
3 – Manrique	15	31.172,24	2 – Bajo	145.58	5MP	3	39C	4	15	15	4.07%	91.46%	54.88%
4 – Aranjuez	14	33.147,81	3 – Medio bajo	194.52	7MP, 4M	5	40C, 2SU	8	12	9	3.85%	85.95%	46.89%
5 – Castilla	14	24.591,68	3 – Medio bajo	211.40	3M	5	35C, 2SU	4	13	29	2.33%	79.70%	47.42%
6 – Doce de Octubre	12	50.139,53	2 – Bajo	153.41	0	4	30C	6	12	16	3.32%	84.31%	50.64%
7 – Robledo	22	17.984,73	2 – Bajo	213.99	1MC	9	44C, 9SU	2	29	24	4.05%	86.07%	56.43%
8 – Villa Hermosa	18	23.956,87	2 – Bajo	157.98	0	6	49C; 4SU	3	21	36	7.16%	82.51%	53.03%
9 – Buenos Aires	17	22.546,02	3 – Medio bajo	241.04	0	5	35C, 1SU	1	16	13	4.78%	90.18%	56.07%
10 – La Candelaria	17	11.603,56	4 – Medio	324.49	8MP†, 13M†	18	23C; 25SU	17	22	6	3.43%	70.30%	50.10%
11 – Laureles – Estadio	15	16.475,72	5 – Medio Alto	571.09	4M†	7	13C; 4SU	4	14	3*	1.01%	79.11%	39.63%
12 – La América	12	24.139,69	4 – Medio	405.31	3M†	3	24C	4	9	9	1.56%	80.38%	47.40%
13 – San Javier	19	28.338,71	2 – Bajo	166.58	1M, 2MC	4	28C	2	14	29	4.64%	79.17%	52.57%
14 – Poblado	22	8.836,78	6 – Alto	835.63	3M†	10	19C; 3SU	5	9	4	0.42%	83.26%	49.23%
15 – Guayabal	7	12.886,70	3 – Medio bajo	284.86	2M†	3	16C	4	11	15	2.12%	89.70%	44.85%
16 – Belén	21	22.150,49	3 – Medio bajo	366.33	9MP	7	30C; 3SU	3	20	24	1.04%	83.49%	46.59%

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la Estratificación Socioeconómica de Viviendas del año 2010 (Alcaldía de Medellín, 2011), ECV2010, y POT2014.

*Precio en dólares a la TRM 2010 (\$2.000,68).

**Una de estas es la Unidad Deportiva Atanasio Girardot que cuenta con espacios para la práctica de 37 disciplinas deportivas.

†Estaciones en la frontera de dos comunas, se cuentan para ambas

A1: SITVA. M: Metro, MC: Metrocable. MP: Metroplús,

A2: Salud.

A3: Educación. C: Instituciones educativas, colegios. SU: Instituciones de educación superior y universidades.

A4: Culturales

A5: Iglesias

A6: Recreación y deporte

Anexo 4. Resultados estimación de Diferencias en Diferencias.

Resultados de la estimación de Diferencias en Diferencias con covariables. Precios de demanda declarados						
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 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)	
10,807	10,844	0,037**** [0.011]	10,905	10,928	0,023**** [0,011]	-0.015 [0.010]

Nota: Las covariables en este caso, son las mismas de la estimación por MCO. Errores estándar en []. R-Square: 0.76. Significancia: *** p<0.01; ** p<0.05; * p<0.1. Las medias y los errores estándar son calculados por regresión lineal.

Anexo 5. Coeficiente de correlación ICVU y precio de las viviendas.

Correlación ICVU - Precios de vivienda	
2010	0.284
2014	0.2613

Anexo 6. Índice de Moran del Índice de Calidad de Vida Urbana de Medellín

Autocorrelación espacial entre resultados de ICVU por barrio		
	2010	2014
Índice de Moran	0,198	0,110
P - Value	0,000	0,002
Matriz de distancias óptimas	1km	1km

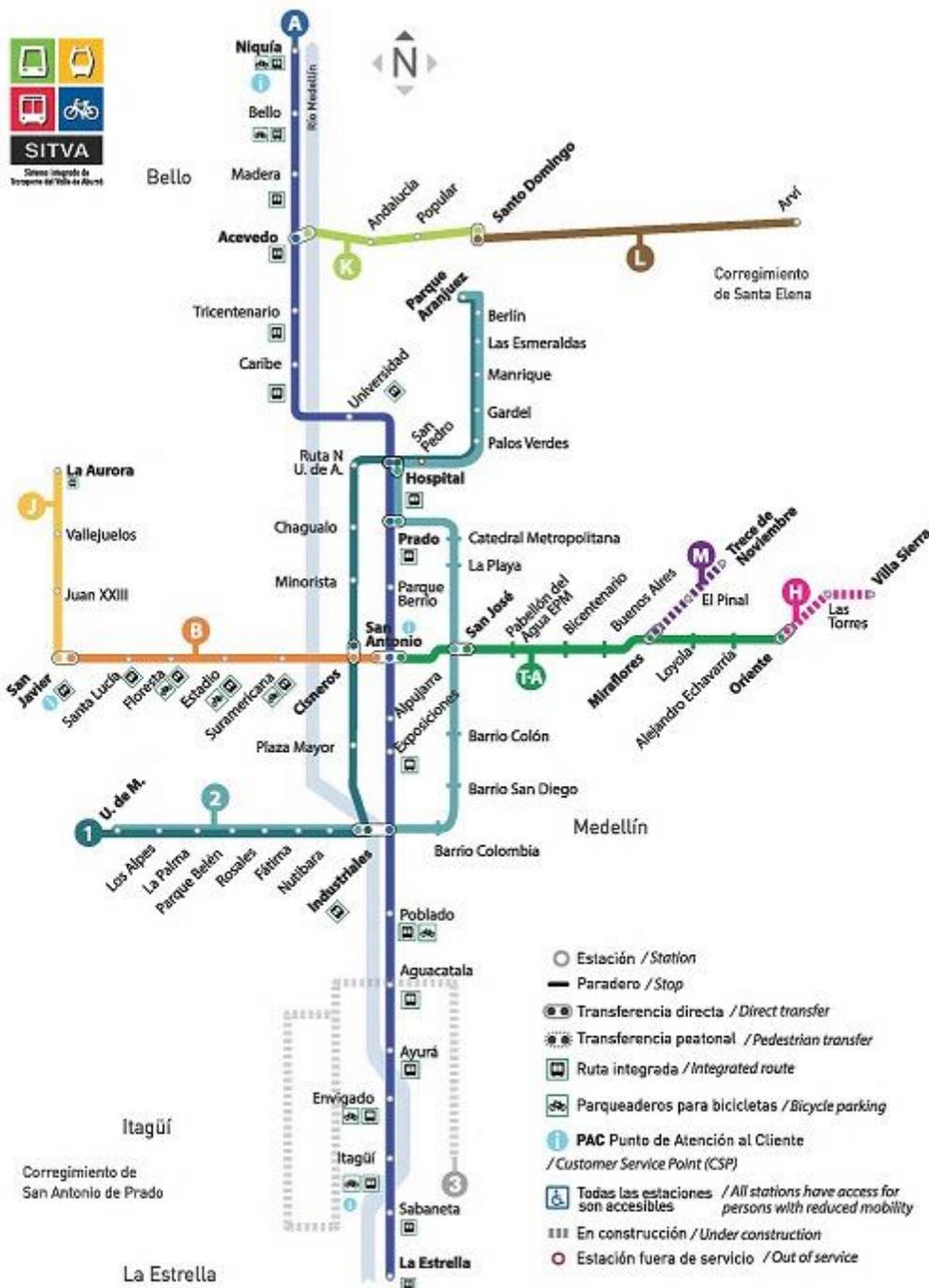
Anexo 7. Ranking de Calidad de Vida Urbana

Ranking CVU por comunas - Por amenities				
	<i>ICVU2010</i>		<i>ICVU2014</i>	
1	Comuna 10	0.6452768	Comuna 10	0.593096
2	Comuna 11	0.0738608	Comuna 14	0.0442608
3	Comuna 14	0.0581088	Comuna 11	0.0370448
4	Comuna 15	-0.09756	Comuna 15	-0.151944
5	Comuna 16	-0.18912	Comuna 16	-0.2192736
6	Comuna 7	-0.1978832	Comuna 12	-0.233496

7	Comuna 12	-0.2083392	Comuna 2	-0.254096
8	Comuna 2	-0.2229632	Comuna 7	-0.2988272
9	Comuna 5	-0.249656	Comuna 6	-0.2993856
10	Comuna 6	-0.2581536	Comuna 5	-0.3014768
11	Comuna 9	-0.285448	Comuna 13	-0.3325328
12	Comuna 4	-0.2995376	Comuna 9	-0.3341728
13	Comuna 8	-0.3342208	Comuna 4	-0.3559856
14	Comuna 13	-0.3644992	Comuna 3	-0.4423152
15	Comuna 3	-0.370296	Comuna 8	-0.4450912
16	Comuna 1	-0.5098288	Comuna 1	-0.5667568

Fuente: Elaboración propia

Anexo 8. Esquema SITVA 2016 y proyección 2030



METRO / Metro Urban Train

- Línea **A** Niquía - La Estrella - Niquía
- Línea **B** San Antonio - San Javier - San Antonio

CABLE / Aerial Cable Car

- Línea **H** Oriente - Villa Sierra - Oriente (en construcción)

- Línea **J** San Javier - La Aurora - San Javier

- Línea **K** Acevedo - Santo Domingo - Acevedo

- Línea **L** Santo Domingo - Anví - Santo Domingo

- Línea **M** Miraflores - Traca de Noviembre - Miraflores (en construcción)

TRANVÍA / Tramway

- Línea **TA** San Antonio - Oriente - San Antonio

BUS / BRT (Bus Rapid Transit)

- Línea **1** U.de M. - Av. del Ferrocarril - Parque Aranjuez - Av. del Ferrocarril - U.de M.

- Línea **2** U.de M. - Av. Oriental - Parque Aranjuez - Av. Oriental - U.de M.

HOLA METRO 444 95 98

