
EL CABLE AÉREO LÍNEA K DE MEDELLÍN, COLOMBIA, 2005-2017*

Charle A. Londoño Henao^a

* DOI: <https://doi.org/10.18601/01245996.v24n47.06> Recepción: 20-01-2021, modificación final: 30-04-2022, aceptación: 21-06-2022. Sugerencia de citación: Londoño, H. C. (2022). El cable aéreo Línea K de Medellín, Colombia, 2005-2017. *Revista de Economía Institucional*, 24(47), 145-160.

^a Magister en Ciencia Estadística. Profesional Especializado, Departamento Administrativo de Planeación de Antioquia, Medellín, Colombia, [calondonoh@unal.edu.co]

El cable aéreo Línea K de Medellín, Colombia, 2005-2017

Resumen Este artículo evalúa los efectos de la construcción del cable aéreo Línea K en la ciudad de Medellín, Colombia, considerando dos periodos: 2005-2012 y 2005-2017. A partir de un modelo de diferencias en diferencias se determinan sus efectos sobre variables como el valor del metro cuadrado de suelo, la densidad de viviendas, los años promedio de estudio, el tiempo de viaje y el modo de transporte. Uno de los principales hallazgos es que la construcción del cable aéreo ha tenido efectos positivos sobre la movilidad social, pues hace posible que la población migre de este territorio al lograr una mayor escolaridad y un mayor nivel de ingresos.

Palabras clave: cable aéreo, evaluación de impacto, Medellín; JEL: R40, D04, R10

The aerial cable Line K of Medellin, Colombia, 2005-2017

Abstract This article evaluates the effects of the construction of the Line K aerial cable in the city of Medellín, Colombia, considering two periods: 2005-2012 and 2005-2017. Based on a difference-in-differences model, its effects on variables such as the value of the square meter of land, housing density, average years of study, travel time and mode of transportation are determined. One of the main findings is that the construction of the aerial cable has had positive effects on social mobility, since it makes it possible for the population to migrate from this territory by achieving higher schooling and a higher level of income.

Keywords: aerial cable cars, impact evaluation, Medellín; JEL: R40, D04, R10

O cabo aéreo da Linha K em Medellín, Colômbia, 2005-2017

Resumo Este artigo avalia os efeitos da construção do cabo aéreo da Linha K na cidade de Medellín, Colômbia, considerando dois períodos: 2005-2012 e 2005-2017. Usando um modelo de diferença em diferenças, seus efeitos sobre variáveis como o valor do metro quadrado do terreno, densidade habitacional, anos médios de estudo, tempo de viagem e modo de transporte são determinados. Uma das principais conclusões é que a construção do cabo aéreo tem tido efeitos positivos sobre a mobilidade social, pois possibilita a migração da população deste território através de uma maior escolaridade e um maior nível de renda.

Palavras-chave: cabo aéreo, avaliação de impacto, Medellín; JEL: R40, D04, R10

La movilidad se ha convertido en un tema relevante para el desarrollo sostenible de las ciudades. La existencia de un sistema masivo de transporte es fundamental a este respecto, pues una planificación adecuada de su trazado facilita el desplazamiento con menores costos, tiempos de viaje y niveles de contaminación, lo que favorece la inclusión social, pues sitúa a la de la población en una mejor frontera de posibilidades de producción en términos de educación, empleo y recreación; con una mayor densificación de su trayecto, que admite una sana mezcla de usos y satisface las necesidades de comercio y servicios; con una reducción de la contaminación, pues el sistema de transporte evita la contaminación del aire; y una reducción de los accidentes de tránsito (Bocarejo, Portilla y Pérez, 2012; Cahill y Casas, 2012; Canavire, Duque y Urrego, 2016).

En la ciudad de Medellín se viene consolidando un sistema masivo de transporte basado en un desplazamiento multimodal que incluye Metro, buses de tránsito rápido –Metroplús– y cables aéreos conocidos o Metrocables. Estos, además de establecerse en zonas de aglomeración de la actividad económica, conectan las partes periféricas y marginales de la ciudad, como el cable aéreo Línea K, que se localiza en las comunas Popular y Santa Cruz¹, y se integra con Medellín y su área metropolitana a partir de su línea arterial (Línea A. Bello-La Estrella).

En el desarrollo del sistema se siguen algunos principios básicos, como la sostenibilidad, el cambio del esquema empresarial, la incorporación de nuevas tecnologías, la articulación e integración de las diferentes modalidades y servicios complementarios y la racionalización de la flota de buses (Dane, 2015). Además, se han aplicado políticas sociales y económicas para contrarrestar situaciones de desigualdad en vivienda, educación, oportunidades laborales y generación de ingresos.

Algunos indicadores que pueden mejorar con este tipo de intervención son la tasa de desempleo, que en Popular y Santa Cruz era en promedio del 16,7% en 2010 y disminuyó al 13% en 2017. Medidas de pobreza, como la incidencia de la pobreza monetaria moderada², que se redujo entre 2010-2017 en 15 puntos porcentuales, pasando

¹ Las comunas y corregimientos son una división político-administrativa, que se subdivide a su vez en barrios y veredas. Entre otros propósitos, esta división permite focalizar la inversión pública según las características socioeconómicas de los habitantes, y considerando así sus realidades y necesidades para fijar los objetivos. Hay 16 comunas localizadas en la parte urbana y 5 corregimientos en la parte rural.

² La cual determina el bienestar de la población a partir del ingreso usando un enfoque de línea de pobreza: un hogar es pobre si su ingreso per cápita

al 26% en 2017; y la extrema³, que llegó al 6%, con una reducción de 7 puntos porcentuales en ese periodo. El ingreso per cápita, que en términos reales aumentó un 27%, llegando a 367 mil pesos (a precios de 2012) en 2017. Y el número de empresas, que en 2005 fue de 876, en 2012 de 1.121 y en 2017 de 2.159.

Para entender mejor estos resultados, este artículo evalúa los efectos de la construcción del cable aéreo Línea K en los periodos 2005-2012 y 2005-2017⁴. Usando como grupo de control la zona donde se construyó el cable aéreo de Picacho⁵, se aplica la técnica de diferencias en diferencias a tres tipos de beneficiarios –directos, indirectos y control⁶– para determinar sus efectos sobre el valor del metro cuadrado de suelo, la densidad de viviendas, la escolaridad, el tiempo de viaje y el modo de transporte. Este trabajo presenta las siguientes novedades con relación a otros semejantes (Bocarejo et al., 2014; Canavire, Duque y Urrego, 2016; Milan y Greutzig, 2017):

- La definición de un grupo de control más homogéneo que el grupo intervenido⁷, lo que puede evitar la subestimación de los efectos debido a características de esta zona de la ciudad: condiciones socioeconómicas, topográficas, de accesibilidad y desarrollo inmobiliario, y maneras de conectarse al territorio.

- El uso de indicadores a nivel de barrio con representatividad estadística. Para ellos se utiliza la técnica de estimación de áreas pequeñas (SAE)⁸, que permite obtener consistencia estadística cuando la

pita no satisface los requerimientos de alimentos y bienes básicos (vivienda, vestuario, transporte) necesarios para subsistir.

³ En este caso, un hogar es pobre si su ingreso per cápita no satisface los requerimientos calóricos y nutricionales necesarios para subsistir.

⁴ Estos dos periodos permiten entender como se descuentan en el tiempo los posibles efectos de la construcción de este tipo de sistemas. Además, los años donde se dispone de la encuesta Origen Destino del área metropolitana de Medellín.

⁵ La construcción de Cable Picacho se inició a comienzos de 2018, y entró en operación el 10 de junio de 2021.

⁶ Directos: habitantes de 11 barrios situados a 0-500 metros del cable aéreo Línea K; indirectos: habitantes de 14 barrios situados entre 500 y 1.000 metros; de control: habitantes de 12 barrios situados a 0-500 metros del cable aéreo de Picacho.

⁷ Algunos de los trabajos no incluían un grupo de control para determinar los efectos del cambio en el territorio intervenido; otros tomaban toda la ciudad.

⁸ Por sus siglas en inglés, *Small Area Estimation*. Esta es una metodología que, a grandes rasgos, tiene por objeto la estimación de indicadores cuya representatividad estadística no está capturada adecuadamente en submuestras más pequeñas que las propuestas por el muestreo realizado en una encuesta.

muestra no representa a una unidad geográfica menor que la sugerida por el diseño muestral.

– Incorporación de la Encuesta Origen Destino de 2017, lo que proporciona un mejor panorama sobre los impactos del cable en icho territorio, generándose dos periodos de contraste 2005-2012 y 2005-2017.

Este trabajo es clave para determinar los posibles impactos del desarrollo de sistemas de transporte masivo en zonas marginales o periféricas de las ciudades, lo que permite emprender acciones de política pública mas concienzudas para la planificación y el mejor aprovechamiento de las potencialidades del territorio y de la población.

El artículo consta de cuatros secciones. En la primera se describe el contexto del cable aéreo Línea K y se revisan algunos trabajos de evaluación de sistemas masivos de transporte. En la segunda se explica el método de diferencias en diferencias. En la tercera se describen los datos utilizados y los resultados obtenidos. En la última se sintetizan las conclusiones.

CONTEXTO Y REVISIÓN DE LITERATURA

CABLE AÉREO LÍNEA K DE MEDELLÍN

Medellín es un municipio del Departamento de Antioquia, en Colombia; es una de las principales ciudades del país –Barranquilla, Bogotá, Cali, Bucaramanga, Medellín– y la segunda más grande. De acuerdo con el censo de 2005, en 2017 tenía una población urbana proyectada de 2.405.646 habitantes, un área de 8.671ha, y una densidad de 297 personas/ha neta, superior a la de Bogotá (152), Buenos Aires (72), Ciudad de México (85) y Nueva York (19), que requiere un sistema masivo de transporte para satisfacer las necesidades de desplazamiento de manera sostenible.

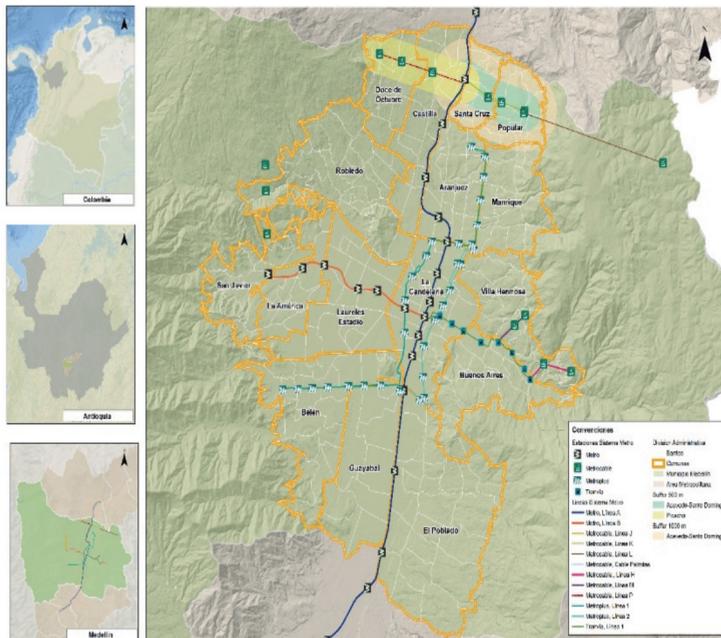
En los años setenta se inició la planificación de un sistema masivo de transporte, que empezó a operar en 1995 a cargo de la Empresa de Transporte Masivo del Valle de Aburrá – Metro de Medellín, el primer sistema de transporte masivo en Colombia. Este integró la subregión del Valle de Aburrá, de norte a sur, y ha mejorado el bienestar de los antioqueños, recortando distancias, costos y tiempos de viaje, y haciendo más accesibles las oportunidades de educación, empleo, recreación y demás.

De ese inicio, el Metro de Medellín se ha fortalecido y ha llegado especialmente a las zonas más periféricas, como factor de inclusión social. Debido a las características topográficas de la ciudad (irregu-

lar y pendiente) ha tenido que innovar en la manera de transportar pasajeros, y los cables aéreos han sido un elemento clave, uno de los cuales es la Línea K, ubicada en la parte nororiental de la ciudad y que empezó a operar en 2004⁹, conectando las comunas Popular y Santa Cruz a partir de tres estaciones (ver gráfica 1): Andalucía, Popular y Santo Domingo, que se enlazan con la arteria del sistema (Línea A. Bello-La Estrella)– por medio de la estación Acevedo, lo que permite integrar todo el sistema –Metro, cables aéreos, tranvía, buses de tránsito rápido y rutas alimentadoras– de la ciudad y los diez municipios del área metropolitana: Barbosa, Girardota, Copacabana, Bello, Medellín, Envigado, Itagüí, Sabaneta, La Estrella y Caldas.

Gráfica 1

Zona intervenida y de control para evaluar el impacto del cable aéreo Línea K



Fuente: elaboración propia.

Las comunas mencionadas tienen un desarrollo constructivo precario, alta densidad de población, altos índices de pobreza y bajo

9 En los últimos años se han incorporado al sistema otros cables aéreos: Línea J que conecta las comunas San Javier y Robledo (2008); Línea H (2016) y M (2018) que se unen al Tranvía de Ayacucho y permiten la integración con las comunas La Candelaria, Villa Hermosa y Buenos Aires. Y Cable Picacho, que inició operación en 2021 e integra al sistema las comunas Castilla y Doce de Octubre (ver la gráfica 1).

capital humano. En esas condiciones, la línea K ha favorecido a sus habitantes, pues les permitió salir del aislamiento anterior, aumentó la integración de las comunidades dentro y fuera de la zona y mejoró las oportunidades de educación, empleo y recreación, por la reducción de costos y tiempos de viaje, entre otros efectos.

Desde 2004 estos efectos fueron ampliados por los Proyectos Urbanos Integrales (PUI). Estos realizan acciones interinstitucionales en zonas marginales que se caracterizan por altos niveles de pobreza, exclusión social y violencia para mejorar sus condiciones físicas (espacio público; equipamiento –salud, educación, comunitarios, deportes y recreación–; vivienda y corredores de movilidad), institucionales (combinación de acciones de política pública) y sociales (campañas pedagógicas en cultura ciudadana, seguridad y convivencia) y resolver problemáticas específicas, con impactos positivos en términos culturales, económicos, sociales y ambientales (Hernández, 2006; Milan y Greutzig, 2017).

El cuadro 1 muestra la evolución de algunos indicadores de las comunas Popular y Santa Cruz y la parte urbana de Medellín entre 2005 y 2017; la densidad de viviendas en esas comunas es de 142,8 viviendas/ha en 2017, cerca del doble de la densidad de la ciudad. Las variaciones entre 2012-2005 y 2017-2005 indican un crecimiento decreciente, quizá debido a la mayor saturación del territorio. Según la actualización catastral de 2012 el valor del metro cuadrado de suelo aumentó en forma significativa con respecto a 2009, aunque en términos absolutos es tres veces inferior al de ciudad.

Cuadro 1
Comportamiento histórico de las variables analizadas
Comunas intervenidas y ciudad, 2005, 2012 y 2017

Variable	Comportamiento histórico						Variación (%)			
	Popular y Santa Cruz			Ciudad			Popular y Santa Cruz		Ciudad	
	2005	2012	2017	2005	2012	2017	2012-2005	2017-2005	2012-2005	2017-2005
Densidad de viviendas/ha	107,3	130,8	142,8	55,4	67,4	75,2	21,9	33,1	21,6	35,8
Valor del m ²	49.958	97.377	106.053	102.423	399.526	437.922	94,9	112,3	290,1	327,6
Años promedio de estudio	3,4	3,7	5,6	7,4	7,6	8,2	7,2	63,6	2,8	9,9
Tiempo promedio de viaje	31,3	30,4	28,1	30,3	33,0	33,6	-2,9	-10,6	8,8	10,9
Participación del sistema integrado de transporte	14,0	16,5	15,6	6,4	9,3	14,1	17,8	11,3	45,9	120,0

Fuente: cálculos propios.

La escolaridad, medida por los años promedio de estudio, muestra un cierre de la brecha entre estas comunas y el promedio de la ciudad, pues de 4 años más en la ciudad en 2005 se redujo a 2,6 en 2017. Cabe destacar, además, que la acumulación de capital humano ha presentado

un crecimiento acelerado entre 2017-2005 en las dos comunas, en especial entre 2012 y 2017, periodo en que aumentó el 56,4%.

El tiempo promedio de viaje ha aumentado a nivel de la ciudad, pero en las dos comunas Popular y Santa Cruz ha disminuido, posiblemente por la apertura de oportunidades de educación, comercio, servicios, recreación, salud y laborales en la misma zona.

En los modos de viaje, ha aumentado la participación del sistema masivo de transporte, con el mayor incremento en el periodo 2012-2017. Pese a ello, entre 2005 y 2017, los mayores aumentos en las dos comunas fueron en caminatas (del 52,1% al 57,9%) y motos (del 2,6% al 8,3%), debido a las mejoras socioeconómicas y a que las condiciones topográficas exigen modos alternativos de movilización.

REVISIÓN DE LA LITERATURA

En las ciudades existen diferentes sistemas de transporte masivo: buses, tranvías, metro y cable aéreo, cuyo establecimiento depende de la demanda de viajes, del presupuesto y de las características topográficas. Diversos trabajos examinan como brindan mayor bienestar a los ciudadanos, así como sus efectos en el valor del suelo, la accesibilidad, la reconfiguración del territorio y las oportunidades en diversos campos, que reducen la segregación socioespacial y fortalecen la movilidad social (Bocarejo et al., 2012; Cahill y Casas, 2012; Canavire et al. (2016).

En el caso de los cables aéreos se han estudiado los efectos de la Línea K en Medellín, con diferentes enfoques: Cerda et al. (2012) evaluaron sus efectos en la reducción de la violencia considerando las comunas Popular y Santa Cruz como grupo intervenido, y Aranjuez y Villa Hermosa como grupo de control, en dos periodos 2003 (antes de la intervención) y 2008 (después de la intervención), y un conjunto de variables sociales, económicas y de infraestructura. Encontraron que la violencia se redujo un %. Canavire et al. (2016) estudiaron el impacto de la infraestructura pública en la reducción de la delincuencia. Con un modelo de diferencias en diferencias encontraron una reducción de los homicidios del 41% entre 2004 y 2006 y del 49% entre 2004 y 2012.

Por su parte, Bocarejo et al. (2014) examinaron la influencia accesibilidad en el tiempo de viaje al trabajo, las oportunidades laborales y los gastos en transporte, y encontraron que el funcionamiento del sistema tuvo efectos positivos en el periodo 2000-2005. Milan y Gretzig (2017) evaluaron el impacto de la construcción de este sistema en el bienestar social. Con información de Medellín *Cómo Vamos*

de 14 indicadores fueron construidos a partir de 187 preguntas en el periodo 2009-2012, encontraron resultados positivos en el ingreso y la equidad de género, entre otros aspectos.

Garsous, Suárez y Serebrisky (2019) analizaron los efectos de la construcción del cable aéreo en Paz-El Alto, Bolivia, en los tiempos de viaje en 2015. Con una muestra de 148 personas –28% en el grupo de tratamiento y 72% en el de control– hallaron una reducción del 22% en promedio, lo que representa un beneficio de 0,58 dólares. Otros trabajos sobre los efectos de la construcción de cables aéreos son los de Flechas (2014), Heinrichs y Bernet (2014), Escobar y García (2011) y Tezak, Sever y Lep (2016).

METODOLOGÍA

El método de diferencias en diferencias es uno de los más utilizados para evaluar los efectos de la construcción de un sistema masivo de transporte, dado el carácter natural o cuasi experimental de estos sistemas¹⁰. Determina si existe diferencia entre un grupo de tratamiento y uno de control antes y después de la intervención, lo que permite remover sesgos asociados al tiempo en ambos grupos, para encontrar sus diferencias permanentes (Bernal y Peña, 2011; Gertler, Martínez, Premand et al., 2011; Khandker et al., 2010; Li et al., 2012).

El método se puede sintetizar mediante la siguiente ecuación:

$$\gamma_{dif-en-dif} = E[Y_{T,1} - Y_{T,0}] - E[Y_{C,1} - Y_{C,0}] \quad (1)$$

donde $Y_{i,t}$ para $i = T, C$ es el valor asociado al grupo de tratamiento ($i = T$) y al de control ($i = C$), y $t = 0$ en el periodo pre-tratamiento, y $t = 1, 2, \dots, N$ en el periodo postratamiento. Si el tratamiento ha sido asignado aleatoriamente, (1), implica que el estimador $\hat{\gamma}_{dif-en-dif}$ es insesgado y consistente.

Cabe mencionar, además, que al aplicar este método a dos o más periodos se pueden usar datos panel, lo que tiene varias ventajas, como ganar eficiencia al captar los determinantes no observados de $Y_{i,t}$ y eliminar diferencias persistentes entre el grupo de tratamiento y el de control, pues evita la correlación en el nivel inicial de $Y_{i,t}$.

Esto último se satisface cuando se cumple la condición de tendencias paralelas, según la cual así el territorio intervenido y el de control no partan de la misma situación inicial, se cumple que el movimiento

¹⁰ Bernal y Peña (2011) argumentan que este método se puede usar para evaluar eventos *fortuitos*, como los cambios en la naturaleza, la vaguedad de una ley o la implementación de una política. Uno de estos últimos puede ser el caso del cable aéreo línea K.

de estos territorios podría haber cambiado en forma paralela sin intervención (Bernal y Peña, 2011)¹¹. Para la estimación se usa una regresión de datos de panel con efectos fijos de la forma siguiente:

$$Y_{i,t} = \alpha + \beta T_{i,t} + \gamma G_{i,t} + \delta(T_{i,t} \times G_{i,t}) + \pi X_{i,t} + \eta_i + \varepsilon_{i,t} \quad (2)$$

donde $Y_{i,t}$ es la variable explicada en el territorio i (tratamiento [$i = T$] y de control [$i = C$]) en el periodo t (pre-tratamiento [$t = 0$] y post-tratamiento [$t = 1, 2, \dots, N$]); α , β , γ , y π son los parámetros asociados al intercepto, la tendencia en $T_{i,t}$, el efecto en el grupo intervenido y de control $G_{i,t}$, la covariación entre el tiempo ($T_{i,t} \times G_{i,t}$), y el vector de covariables ($X_{i,t}$), respectivamente; η_i es un componente que capta la heterogeneidad individual tiempo variante no observada, que puede estar correlacionada con el tratamiento, y $\varepsilon_{i,t}$ es el término de error que capta las variables no observadas (Khandker et al., 2010; Li, Graham y Majumdar, 2012).

El parámetro γ es fundamental para contrastar los impactos atribuidos a la construcción del sistema, que se supone inesgada al término de error ($G_{i,t} | \varepsilon_{i,t}$) = 0. Su significancia estadística indica si hay diferencias entre el grupo de tratamiento y el de control y, por tanto, si la intervención tuvo o no los efectos esperados.

Cabe resaltar la importancia de las variables explicativas ($X_{i,t}$), que pueden evitar posibles sesgos de los estimadores ocasionados por la heterogeneidad de los territorios debido a factores exógenos diferenciales, mejorar su eficiencia del estimador, ajustar su aleatorización y validar el supuesto de tendencia paralelas. Aunque no se consideren todas las variables explicativas requeridas, se acepta la omisión de variables relevantes suponiéndolas constantes, de la misma manera, lo que aborda posibles problemas asociados a la forma funcional del modelo (Bernal y Peña, 2011; Dubé et al., 2014).

DATOS Y RESULTADOS

DATOS

Para evaluar el impacto del cable aéreo Línea K se utiliza información de la Cámara de Comercio de Medellín, el Departamento Administrativo Nacional de Estadística, el Departamento Administrativo de Planeación de Medellín, Empresas Públicas de Medellín, Encuesta

¹¹ Una manera de verificar este supuesto es validar la veracidad de esta condición con información previa a la intervención (Bernal y Peña, 2011). En este trabajo no fue posible esa validación por falta de información de periodos anteriores. Pero una manera de reducir posibles sesgos es incorporar información de algunas variables explicativas en los modelos.

Origen Destino del Área Metropolitana de Medellín y la Subsecretaría de Catastro de Medellín. La línea de base o año de pretratamiento es 2005 y, la de postratamiento 2012 y 2017.

Cuadro 2

Variables para modelar el impacto del cable aéreo Línea K

Variables	Descripción	Fuente
<i>Variables dependientes</i>		
Valor del m ² de suelo	Valor promedio por las zonas homogéneas físicas.	SCM
Densidad de viviendas	Número de viviendas por metro cuadrado.	EPM
Años promedio de estudio	Años promedio de estudio de la población mayor de 17 años.	EOD
Tiempo de viaje	Tiempo de viaje para llegar al lugar de destino por cualquier motivo.	EOD
Modo de transporte	Proporción de personas que utilizan el sistema de transporte masivo versus otros modos de transporte.	EOD
<i>Variables independientes (explicativas)</i>		
<i>Factores de localización:</i>		
Distancia a la estación del metro más cercana	Distancia para llegar a la estación.	DAP
Distancia al Centro Tradicional y Representativo	Distancia para llegar al Centro Tradicional y Representativo.	DAP
<i>Atributos del suelo</i>		
Valor del m ²	Valor definido por las zonas geoeconómicas físicas.	SCM
Metros cuadrados de equipamiento educativo por habitante	Metros cuadrados de equipamiento básico por habitante.	DAP
<i>Economía del barrio y atributos demográficos</i>		
Densidad empresarial	Número de empresas por m ² .	CCM
Densidad poblacional	Número de residentes por m ² por barrio.	Dane
Estructura de edades	Proporción de edades de-17, 18 y más años sobre el total.	Dane

Fuente: elaboración propia.

El cuadro 2 resume las variables utilizadas para evaluar los aspectos de acceso, mejoras socioeconómicas y reconfiguración urbana: el valor del suelo, la densidad de viviendas, los años promedio de estudio, el tiempo de viaje y el modo de transporte. Como variables explicativas se tienen factores de localización, atributos del suelo, economía del barrio y demográficos. La información recopilada corresponde al territorio tratado y al de control. Este último es el trayecto del cable aéreo Picacho, con características relativamente homogéneas: en una zona residencial de condiciones socioeconómicas muy similares, localizado a una distancia parecida al centro tradicional y representativo de Medellín, asociado al Metro Línea A. Niquia-La Estrella (gráfica 1).

Las unidades de medida son los barrios. La EOD no es representativa a ese nivel, por ello las variables provenientes de esa fuente se estimaron empleando la técnica de estimación de áreas pequeñas

(SAE), utilizando el modelo de Battese, Harter y Fuller (1988) encuentra implementado en R en la librería SAE. Para ello se tomaron de la encuesta las variables de escolaridad, estrato socioeconómico, modo de viaje y motivo, entre otras¹²; y variables auxiliares de accesibilidad (topografía, estado de las vías, cercanía a vías principales), dotacionales (infraestructura educativa y empresarial) y demográficas.

El valor del suelo solo se pudo conseguir para el año más cercano a la línea de base, 2009. Pese a esto, puede ser ilustrativo para entender la dinámica que se genera en el territorio. Ese valor no se usa como variable explicativa cuando se usa como variable dependiente para evitar problemas de endogeneidad.

RESULTADOS

El cuadro 3 resume los resultados de la evaluación, es decir, los resultados de la estimación de cada parámetro de interés (γ) con su respectivo valor-p entre paréntesis.

En lo que respecta al efecto del cable aéreo sobre el valor del suelo no hay diferencias estadísticamente significativas en las tres especificaciones en ninguno de los dos periodos, en parte por la forma en que se configurado este territorio, donde el desarrollo constructivo no ha generado grandes proyectos inmobiliarios y se han hecho construcciones por adición, que poco aumenta la densificación.

Cuadro 3
Efectos de la construcción del cable aéreo Línea K en las diferentes variables

Variables	Directos versus control		Indirectos versus control		Directos e indirectos versus control	
	2005-2012	2005-2017	2005-2012	2005-2017	2005-2012	2005-2017
Valor del m ² de suelo	0,2782 (0,145)	0,2237 (0,191)	-0,1245 (0,380)	-0,1408 (0,311)	-0,1034 (0,421)	-0,1385 (0,288)
Densidad de viviendas	0,0019 (0,216)	0,0012 (0,410)	0,00157 (0,114)	0,0015 (0,121)	0,0015* (0,107)	0,0014 (0,129)
Años promedio de estudio	-4,4725* (0,006)	-3,6093* (0,025)	-2,5297* (0,028)	-2,5107* (0,021)	-2,743* (0,014)	-2,8347* (0,008)
Tiempo de viaje	11,259 (0,110)	21,49* (0,026)	2,3562 (0,561)	5,6876 (0,397)	1,487 (0,693)	10,096 (0,112)
Modo de transporte	-3,8941 (0,604)	5,2231 (0,361)	-4,9037 (0,192)	-2,6937 (0,397)	-4,1862 (0,260)	1,4297 (0,666)

Fuente: elaboración propia. Valores-p entre paréntesis.

En cambio, ha tenido efectos positivos y estadísticamente significativos sobre la densidad de viviendas en el modelo que incorpora beneficiarios directos e indirectos en 2005-2012, con una significancia

¹² Cuando se estimó el efecto sobre los años de estudio y el modo de transporte esas variables no se consideraron explicativas para evitar problemas de endogeneidad.

del 10%. Este resultado puede ser explicado por el mejor acceso que brinda el sistema y las mejoras del territorio por la incorporación de espacio público, equipamientos y vías. No se observa ese mismo resultado en el periodo 2005-2017, quizá por la congestión del sistema, lo que sugiere que los efectos de esta estrategia se descuentan en el tiempo por la insuficiencia del sistema para atender a la población objetivo en condiciones óptimas.

En cuanto al efecto sobre los años de estudio, una *proxy* de la mejora de los ingresos, el resultado es significativo al 5%, y muestra la importancia de la apertura de fronteras para la población, que impulsa un desarrollo social, económico y cultural, explicado por la reducción de los costos de transporte, pues al no requerirse varios modos de transporte para llegar al de destino, amplía las oportunidades educativas, laborales y de recreación; por el acceso a otros entornos, que abre posibilidades que antes no se percibían, como emprender un negocio; y por la movilidad social, que como sugiere el signo del coeficiente de la variable respectiva indica una posible migración de la ocasionada por el mejor nivel de educación y de ingresos.

En lo asociado a los tiempos de viaje, se presentaron resultados estadísticamente significativos para el periodo 2005-2017 en el modelo que asocia los beneficiarios directos versus control, explicado por las facilidades que ofrece el sistema, el cual permite el recorrido de mayores distancias a menores tiempos y costos. De los resultados que no fueron significativos, pueden ser explicados por las condiciones topográficas de la zona, que no permiten el fácil acceso al sistema.

El modo de transporte, asociado a la participación del uso del sistema masivo, no arroja resultados estadísticamente significativos. Lo que concuerda con la literatura, que muestra para que se use un sistema es necesaria una relativa cercanía. No obstante, el bus, el modo de transporte público más cercano para largas distancias, ha perdido participación: el 34%, en 2005, el 28% en 2012 y el 17,3% en 2017.

CONCLUSIONES

Este trabajo evalúa el impacto del cable aéreo Línea K de Medellín considerando tres tipos de beneficiarios y los periodos 2005-2012 y 2005-2017. Mediante un modelo de diferencias en diferencias y usando como grupo de control el trayecto del proyecto cable aéreo de Picacho se determinaron sus efectos en el valor del metro cuadrado de suelo, la densidad de viviendas, los años promedio de estudio, los tiempos de viaje y el modo de transporte.

Se encontraron valores estadísticamente significativos para la densidad de viviendas, los años de estudio y el tiempo de viaje. Con respecto a la densidad, el modelo que incorpora beneficiarios directos e indirectos arroja resultado positivos y estadísticamente significativos, y muestra un territorio con mejores dotaciones, lo que amplía los efectos de aglomeración. No obstante, este resultado solo se observa en el periodo 2005-2012, lo que sugiere una mayor saturación del territorio en el periodo 2005-2017, que reduce las oportunidades de desarrollo dada la capacidad del sistema para movilizar pasajeros.

Los resultados del promedio de estudios fueron estadísticamente significativos a un nivel del 5%. Este resultado y el signo negativo del coeficiente indican posibles efectos de migración de la población al aumentar su capital humano, de modo que las intervenciones de política pública se atenúan en este territorio por la posible movilidad social.

En lo relacionado a, tiempos de viaje, resulto un valor estadísticamente significativo cuando son beneficiarios directos y se evalúa el periodo 2005-2017. Lo que puede ser explicado por las mayores facilidades que ha venido generando el sistema, en el cual las nuevas líneas han permitido la ampliación de las fronteras en los desplazamientos a menores costos y tiempos de viaje para la realización de actividades educativas, laborales, recreativas, comerciales y de servicio.

Los resultados del valor del metro cuadrado de suelo y del modo de transporte no fueron estadísticamente significativos. El valor del suelo puede ser explicado por las características del desarrollo inmobiliario de la zona, por adición, que no implicado grandes cambios en su desarrollo constructivo. Por su parte, el modo de transporte público no muestra grandes cambios, en parte por el aumento de las caminatas y el uso de motos, así como por la mayor cobertura institucional (escuelas, bibliotecas, parques, etc.), las mejoras socioeconómicas que han incrementado la oferta de bienes y servicios dentro del territorio, y la compra de bienes para mejorar la calidad de vida, entre ellos las motos, que son necesarias por las condiciones topográficas de la zona.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cerda, M., Morenoff, J., Hansen. B. et al. (2012). Reducing violence by transforming neighborhoods: A natural experiment in Medellín, Colombia. *American Journal Epidemiology*, 175(10), 1045-1053.
- Battese, G. E., Harter, R. M. y Fuller, W. A. (1988). An error-components model for prediction of county crop areas using survey and satellite data. *Journal of the American Statistical Association*, 83(401), 28-36.

- Bernal, R. y Peña, X. (2011). *Guía práctica para la evaluación de impacto*. Bogotá: Cede, Uniandes.
- Bocarejo, J. P., Portilla, I. y Pérez, M. A. (2012). Impact of Transmilenio on density, land use, and land value in Bogotá. *Research in Transportation Economics*, 40(1), 78-86.
- Bocarejo, J. P., Portilla, I. J., Velásquez, J. M. et al. (2014). An innovative transit system and its impact on low-income users: the case of the Metrocable in Medellín. *Journal of Transport Geography*, 39, 49-61.
- Cahill, E. y Casas, I. (2012). Evaluating the spatial equity of bus rapid transit-based accessibility patterns in a developing country: The case of Cali, Colombia. *Transport Policy*, 20, 36-46.
- Canavire, G., Duque, J. C. y Urrego, J. A. (2016). Moving citizens and deterring criminals: innovation in public transport facilities. *Working paper Development Bank of Latin America*, 15, 1-50.
- Cervero, R. y Kang, C. D. (2011). Bus rapid transit impacts on land uses and land values in Seoul, Korea. *Transport Policy*, 18(1), 102-116.
- Combs, T. S. y Rodríguez, D. A. (2014). Joint impacts of bus rapid transit and urban form on vehicle ownership: New evidence from a quasi-longitudinal analysis in Bogotá, Colombia. *Transportation Research Part A*, 69, 272-285.
- Dane. (2015). *Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018: Todos por un nuevo país. Tomo 1 y 2*. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación.
- Dubé, J., Legros, D., Thériault, M. et al. (2014). A spatial Difference-in-Differences estimator to evaluate the effect of change in public mass transit systems on house prices. *Transportation Research Part B*, 64, 24-40.
- Escobar, D. A. y García, F. J. (2011). Impacto de un sistema de transporte tipo cable sobre la movilidad urbana. Caso Manizales (Colombia). *Avances: Investigación en Ingeniería*, 8(1), 92-98.
- Flechas, S. M. (2014). *Proyecto de renovación urbana y residencial horizonte cable aéreo Ciudad Bolívar Bogotá*. Monografía para optar al título de Arquitecto, Universidad Católica de Colombia, Bogotá.
- Garsous, G., Suárez, A. y Serebrisky, T. (2019). Cable cars in urban transport: travel time savings from La Paz-El Alto (Bolivia). *Transport Policy*, 75, 171-182.
- Gertler, P. J., Martínez, S., Premand, P. et al. (2011). *Impact evaluation in practice*. Washington, DC: The World Bank.
- Guerra, E. (2014). Mexico City's suburban land use and transit connection: The effects on the Line B Metro expansion. *Transport Policy*, 32, 105-114.
- Heinrichs, D. y Bernet, J. S. (2014). Public transport and accessibility in informal settlements: Aerial Cable Cars in Medellín, Colombia. *Transportation Research Procedia*, 4, 55-67.
- Hernández, C. A. (2006). Presentación de caso: proyecto urbano integral en la zona nororiental de Medellín: Un modelo de transformación de ciudad. *I Congreso Internacional sobre Desarrollo Humano Madrid 2006: Pobres en Ciudades Pobres - Vivienda, Transporte y Planificación Urbana*, 293-301.

- Khandker, S. R., Koolwal, G. B. y Samad, H. (2010). *Handbook on impact evaluation. Quantitative methods and practices*. Washington DC: The World Bank.
- Li, H., Graham, D. J. y Majumdar, A. (2012). The effects of congestion charging on road traffic casualties: A causal analysis using difference-in-difference estimation. *Accident Analysis and Prevention*, 49, 366-377.
- Mannberg, A., Jansson, J., Pettersson, T. et al. (2014). Do tax incentives affect households' adoption of 'green' cars? A panel study of the Stockholm congestion tax. *Energy Policy*, 74, 286-299.
- Mejía, L., Páez, A. y Vassallo, J. M. (2012). Transportation infrastructure impacts on firm location: The effect of a new metro line in the suburbs of Madrid. *Journal of Transport Geography*, 22, 236-250.
- Milan, B. F. y Greutzig, F. (2017). Lifting peripheral fortunes: upgrading transit improves spatial, income and gender equity in Medellín. *Cities*, 70, 122-124.
- Schepers, J. P. y Heinen, E. (2013). How does a modal shift from car trips to cycling affect road safety? *Accident Analysis and Prevention*, 50, 1118-1127.
- Tezak, S. Sever, D. y Lep, M. (2016). Increasing the capacities of cable cars for use in public transport. *Journal of Public Transportation*, 19(1), 1-16.