



Serie de Desarrollo a través
del Sector Privado
Septiembre 2018

NT
No. 8

Sistemas de transporte urbano en América Latina y el Caribe:

Lecciones y retos

Autores:
Patricia Yañez-Pagans
Daniel Martínez
Oscar A. Mitnik
Lynn Scholl
Antonia Vazquez

Sistemas de transporte urbano en América Latina y el Caribe:

Lecciones y retos

Copyright © 2019 Corporación Interamericana de Inversiones (CII). Este trabajo tiene licencia bajo Creative Commons IGO 3.0 Attribution-NonCommercial-NoDerivatives (CC-IGO Licencia BY-NC-ND 3.0 IGO) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducido con atribución a la CII y para cualquier propósito no comercial. No se permite ningún trabajo derivado.

Cualquier disputa relacionada con el uso de los trabajos de la CII que no pueda resolverse de manera amistosa deberá someterse a arbitraje de conformidad con las reglas UNCTRAL. El uso del nombre de la CII para cualquier otro propósito que no sea la atribución, y el uso del logotipo de la CII estará sujeto a un contrato de licencia escrito entre la CII y el usuario y no está autorizado como parte de esta licencia CC-IGO.

Luego de un proceso de revisión por pares, y previo consentimiento por escrito de la CII, una versión revisada de este trabajo también puede reproducirse en cualquier revista académica, incluidas las indexadas por la Asociación Americana de Economía Econ-Lit, siempre que se acredite a la CII y que el (los) autor (es) no reciban ingresos de la publicación. Por lo tanto, la restricción para recibir ingresos de dicha publicación solo se extenderá al autor (es) de la publicación. Con respecto a tal restricción, en caso exista cualquier inconsistencia entre la licencia de Creative Commons IGO 3.0 Attribution-NonCommercial-NoDerivatives y estas declaraciones, este último prevalecerá.

Tenga en cuenta que el enlace proporcionado anteriormente incluye términos y condiciones adicionales de la licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son las de los autores y no necesariamente reflejan las opiniones del Grupo del Banco Interamericano de Desarrollo, sus respectivas Juntas de Directores, o los países que representan.

Sistemas de transporte urbano en América Latina y el Caribe: lecciones y retos*

Patricia Yañez-Pagans (IDB Invest)[†]
Daniel Martínez, Oscar A. Mitnik, Lynn Scholl (Banco Interamericano de Desarrollo)
Antonia Vázquez (Universidad de San Andrés)

Octubre, 2019[¶]

Resumen

Este artículo aborda los retos del transporte a los que se enfrentan las zonas urbanas en América Latina y el Caribe, y revisa la evidencia causal sobre el impacto producido por diferentes intervenciones en el sistema de transporte urbano implementadas en todo el mundo. El objetivo consiste en destacar las principales lecciones aprendidas e identificar las brechas de conocimientos para orientar el diseño y la evaluación de futuras inversiones en transporte. El informe muestra que los estudios causales se han concentrado en determinados ámbitos y que un número importante de ellos se han llevado a cabo en países desarrollados. Los problemas empíricos debido a la ubicación no aleatoria de estas intervenciones y sus posibles efectos en el conjunto de la red de transporte pueden explicar el escaso número de evaluaciones causales. Una gran parte de la literatura se ha centrado en el impacto de los sistemas de transporte en los precios de la vivienda, y ha observado un aumento general de los precios y los alquileres, pero con resultados que son sumamente dependientes de la calidad y de cómo se percibe la permanencia del sistema. Hay pocos estudios que analicen los efectos socioeconómicos, y aquellos que están disponibles han destacado el acceso al empleo. Casi no hay estudios que analicen los efectos de desplazamiento, que deberían estudiarse para entender mejor el rol de inclusión social de los sistemas de transporte. Están surgiendo nuevas vías de investigación que explotan las fuentes no tradicionales de datos, como el big data e información proveniente de satélites. Además, hay estudios que analizan maneras de mejorar la eficiencia operativa de los sistemas y estudios que pretenden promover cambios en el comportamiento de los usuarios del transporte.

Palabras clave: Sistemas de transporte urbano, América Latina y el Caribe, evaluación de impacto

Códigos JEL: O18; R15; R42

* Las opiniones expresadas en esta publicación son únicamente de los autores y no necesariamente reflejan las opiniones del Banco Interamericano de Desarrollo, de sus respectivas juntas de directores, o de los países que representan. Agradecemos a Raúl Sanchez y Valentín Curto por el apoyo con la revisión de esta versión en español.

[†] Autor para dirigir correspondencia (patriciaya@iadb.org)

[¶] Este documento es una versión actualizada de la nota técnica publicada en septiembre 2018.

1. Introducción

El rápido crecimiento de la población, la urbanización y el uso generalizado de vehículos motorizados ha generado grandes problemas de movilidad en las zonas urbanas de América Latina y el Caribe (ALC), entre ellos, altos niveles de congestión, accidentes de tráfico y contaminación (CAF 2010). Si bien una proporción importante (68por ciento) del transporte de pasajeros en las ciudades de ALC se produce en transporte público o en sistemas compartidos (Estupiñan *et al.*, 2018), la oferta de transporte público de alta calidad no ha avanzado al mismo ritmo que el aumento de la demanda de transporte (BID 2013). En combinación con el aumento de los ingresos y, en algunos casos, con políticas dirigidas a promover las compras de vehículos nuevos, ha generado un aumento de las tasas de motorización (De la Torre, Fajnzylber y Nash 2009), lo cual aumentará la presión sobre la infraestructura de transporte urbano.

El crecimiento urbano no planificado y las altas tasas de desigualdad han provocado que los pobres vivan en viviendas informales en la periferia de las grandes ciudades, a menudo en zonas difíciles de cubrir con sistemas de transporte público tradicional o formal (Cervero, 2000). Como consecuencia, los pobres urbanos o renuncian a los trayectos o se ven obligados a soportar tiempos de viaje largos y caros para acudir al trabajo o para llevar a cabo otras tareas, una circunstancia que agrava las desigualdades sociales (Ardila-Gómez 2012). Además, las mujeres, sobre todo las que pertenecen a segmentos de ingresos más bajos, a menudo se ven excluidas del acceso al transporte público y tienen menos accesibilidad y movilidad debido a problemas de seguridad personal y a altas tasas de acoso en los sistemas de transporte masivos (Osmond y Woodcock 2015; Simicevic, Milosavljevic y Djoric 2016). La asequibilidad del transporte es otro problema, dado que los gastos de transporte consumen el 30por ciento o más del ingreso laboral de los pobres en la región, lo cual se suma a costos relacionados con el tiempo de los trayectos, que ya son elevados (Kalthier 2002; Vasconcellos 2001).

Como respuesta a todos estos problemas, la región de ALC ha visto surgir un nuevo enfoque de las intervenciones en transporte urbano y un aumento importante de las inversiones destinadas a mejorar los sistemas de transporte a lo largo de las últimas dos décadas (Infralatam, 2018). Dadas las brechas de financiamiento y la necesidad de mejorar la eficiencia operativa y de gestión en el sector, los gobiernos están trabajando cada vez más con el sector privado y hay varios ejemplos de asociaciones público-privadas (APPs) en el transporte en la región (Vassallo Magro, 2015). En relación con los tipos de inversiones, los sistemas de buses de tránsito rápido se han

convertido en un enfoque cada vez más popular para mejorar la movilidad urbana de manera costo-efectivo¹ (Rodríguez y Mojica, 2009). A medida que estos sistemas han madurado, y en muchos casos han alcanzado niveles de saturación de pasajeros (O’Callaghan, 2016), las ciudades más grandes en los países de ingresos más altos en ALC han empezado a invertir en sistemas de metro y de trenes ligeros, mientras que otras han invertido en teleféricos o funiculares. En ciudades con sistemas que ya están bien establecidos, han surgido intervenciones más sofisticadas cuyo fin es mejorar la eficiencia operativa de estos sistemas y su accesibilidad a poblaciones más vulnerables. Estos esfuerzos incluyen políticas como tarifas integradas o subsidios del transporte para maximizar la demanda y/o aumentar la asequibilidad entre los grupos de ingresos más bajos.

Dado que los recursos son escasos, una pregunta crucial para los responsables de las políticas públicas está relacionada con el impacto que están teniendo estas diferentes inversiones. La idea es que mejorar la accesibilidad y la movilidad debería promover un mayor acceso al empleo, servicios y otras oportunidades, así como una mejora de la seguridad vial y la seguridad ciudadana. Sin embargo, puede que los beneficios no se distribuyan equitativamente entre todos los grupos de población, o incluso puede que no se obtengan beneficios en absoluto (Scholl *et al.*, 2018). Este tipo de inversiones a menudo están asociadas con cambios en el uso de la tierra y un aumento de los valores inmobiliarios que pueden tener importantes consecuencias para la asequibilidad de una vivienda y en el desplazamiento potencial de personas desfavorecidas. Otros aspectos importantes, normalmente relacionado con el lado operativo del sistema, están relacionados con el impacto de los componentes “blandos” de los sistemas cuyo fin es aumentar la demanda (particularmente en horas de baja demanda) y el acceso al sistema. Con este fin, teorías de comportamiento humano están siendo aplicadas con mayor frecuencia para entender los efectos en los pasajeros, así como las respuestas de estos.

Este documento presenta una revisión de los estudios causales que proporcionan evidencia sobre la efectividad de diferentes intervenciones en los sistemas de transporte urbano. Aunque está focalizado en ALC, puesto que todavía hay pocos estudios en la región, este trabajo incluye todos los estudios llevados a cabo en el mundo que son pertinentes para este análisis y que estiman rigurosamente los efectos causales, explotando los métodos experimentales o cuasiexperimentales. Este trabajo tiene dos objetivos. El primero consiste en resumir los conocimientos existentes con el fin de fundamentar la elaboración de políticas en la región. El segundo consiste en identificar las principales brechas de conocimiento, destacando vías potenciales de futuras investigaciones. Las intervenciones en transporte urbano

abarcan una amplia gama de alternativas, de modo que el foco en este caso se centra únicamente en los sistemas de transporte de pasajeros como los metros, los trenes ligeros, los sistemas de buses de tránsito rápido, los teleféricos y las empresas de redes de transporte. También se abordan las intervenciones en materia de restricción vehicular, debido a su potencial para influir en la demanda de sistemas de transporte de pasajeros. Otras intervenciones, como la mejora de caminos y carreteras, así como las intervenciones relacionadas con sistemas inteligentes de gestión del tráfico, aunque son importantes, quedan fuera del alcance de este estudio.

Un estudio previo de la literatura, relacionado con este tema, fue elaborado por Boarnet (2007), el cual aborda cuidadosamente los problemas metodológicos que se presentan al momento de realizar un análisis causal del transporte urbano. Dada la predominancia de los análisis costo-beneficio en el sector transporte, el autor destaca que, si bien las evaluaciones de impacto no deberían suplantar a los estudios de bienestar social, son herramientas fundamentales para brindar una conexión más directa con los efectos de disminución en el nivel de pobreza. Según Boarnet (2007), el vínculo entre el acceso al transporte y las mejoras en el mercado laboral es el factor más relevante; sin embargo, es aún poca la investigación identificada para países en desarrollo. El presente artículo complementa y actualiza el informe anterior. A pesar de que el presente trabajo brinda una discusión general de los principales desafíos metodológicos en el área, su enfoque radica en describir los hallazgos de un grupo más amplio de intervenciones del transporte urbano, otorgando así una perspectiva más general de los estudios causales disponibles y de las principales brechas de conocimiento

El limitado número de estudios causales que analizan el impacto de los sistemas de transporte urbano se explica por las complejidades empíricas que surgen cuando se intenta distinguir entre efectos que se pueden atribuir a las inversiones en transporte y aquellas que son el resultado de la colocación no aleatoria de estas inversiones y que pueden beneficiar a las poblaciones que ya estaban mejor conectadas, tenían tasas de empleo más altas o mayores ingresos, entre otras consideraciones. También hay un aspecto importante relacionado con la localización dinámica de las empresas y los hogares, dado que cualquier beneficio identificado podría no necesariamente reflejar el mayor bienestar alcanzado por la población original que vivía en zonas cubiertas por los proyectos sino, más bien, podría reflejar el hecho de que están llegando poblaciones nuevas (Cortes *et al.*, 2017) con características diferentes (es decir, cambios en la composición). En algunas intervenciones que tienen el potencial para cambiar el conjunto de la red de transporte, la identificación de grupos de comparación puros (es decir, poblaciones o zonas no afectadas por la intervención)

también podría plantear una dificultad. La revisión de la evidencia muestra que la literatura se ha centrado en el impacto de los sistemas de transporte en los precios de las viviendas, impulsados por la disponibilidad de información y la rapidez de las respuestas de los precios a cambios en la infraestructura urbana. En general, esos estudios constatan aumentos de los precios y los alquileres, si bien los resultados parecen ser sumamente dependientes del contexto y de cuán permanente sean las inversiones en transporte según la percepción de los participantes en el mercado inmobiliario. Por ejemplo, la evidencia sobre el funcionamiento de los metros y el tren ligero es bastante concluyente, mientras que la evidencia sobre los sistemas de buses de tránsito rápido es menos concluyente, dado que estos sistemas se pueden cambiar o reasignar a lo largo del tiempo. Por otro lado, hay escasos estudios que analicen los efectos socioeconómicos y de desplazamiento. Las conclusiones en este ámbito parecen ser bastante heterogéneas, probablemente debido a las complejidades que subyacen al acceso al mercado laboral y a la pobreza. La falta de estudios que analicen los resultados socioeconómicos podría deberse a limitaciones de datos, incluida la dificultad de seguir a los hogares a lo largo del tiempo y cuánto pueden tardar en aparecer estos impactos. Comienzan a emerger nuevas vías de investigación que analizan las fuentes de datos no tradicionales, como los datos administrativos y el big data generado por imágenes de satélite, así como por las llamadas y aplicaciones de los teléfonos móviles, entre otros. Además, debido a la amplia variación en la calidad y fiabilidad de los servicios de transporte, todavía se requiere mucha investigación sobre el impacto de la calidad del servicio en aspectos como el número de pasajeros, el empleo y la contaminación, entre otros temas.

La próxima sección de este artículo presenta una visión general de la situación de la movilidad urbana en la región de ALC, y destaca los avances y las dificultades. La Sección 3 describe las principales teorías que orientan los modelos del impacto previsto de los sistemas de transporte urbano. La Sección 4 analiza la evidencia disponible sobre diversos tipos de intervenciones en los sistemas de transporte urbano, y la Sección 5 aborda las principales conclusiones y recomendaciones que emanan de este trabajo.

2. El transporte urbano en América latina: el progreso y los retos pendientes

América Latina y el Caribe ha experimentado una urbanización explosiva en los últimos cuarenta años, y su población urbana ha aumentado del 50 por ciento de la población en 1970 al 80 por ciento en 2013 (Naciones Unidas, 2011). Además, el crecimiento robusto de los ingresos y una rápida expansión de la clase media han

generado un aumento rápido de la propiedad de automóviles y motos. Con un promedio de aproximadamente 90 vehículos por cada 1000 habitantes, la tasa de motorización en ALC supera a las de África, Asia y Oriente Medio (De la Torre, Fajnzylber y Nash 2009). Sin embargo, hay heterogeneidad entre los países. Por ejemplo, entre 1990 y 2010, la propiedad per cápita de automóviles creció en más del doble en México, desde aproximadamente 75 a 175 vehículos por cada 1000 habitantes, y casi se triplicó en Brasil, de 35 a 125 vehículos por cada 1000 habitantes (Fay *et al.*, 2017). Además, el aumento de la propiedad de motos ha superado al de los vehículos en numerosas ciudades de ALC, donde las motos representan hasta el 49 por ciento de la flota vehicular (UN-Habitat 2012).

Si bien las inversiones en infraestructura para el transporte de pasajeros han aumentado recientemente, la oferta de transporte público y de infraestructura vial de alta calidad no ha avanzado al ritmo del crecimiento de la demanda de transporte. Las instituciones y una supervisión pública deficiente también han exacerbado la ineficiencia y la informalidad de los sistemas de transporte urbano (Pazos, 2016), lo cual ha contribuido a condiciones caóticas e inseguras, así como al aumento de los niveles de congestión y contaminación, sobre todo en las ciudades de ALC de ingresos bajos-medios (BID 2013). En 2010, la región de ALC reportó una tasa promedio de 25,3 víctimas por cada 100.000 habitantes asociadas con accidentes de tráfico, en comparación con 16,1 víctimas por cada 100.000 habitantes en Estados Unidos y Canadá (BID 2013). Además, el tiempo promedio de un trayecto de ida llegó a alcanzar hasta dos horas en algunas ciudades, lo cual obliga a gastos considerables de tiempo y dinero, tanto en el transporte de mercancías como de pasajeros (UN-Habitat, 2010). Según un informe del Clean Air Institute, los niveles de contaminación del aire en numerosas ciudades de ALC superan las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para los grandes contaminantes, lo cual plantea costos adversos importantes para la salud humana, la esperanza de vida y la productividad (Green y Sánchez, 2013).

En promedio, el 68 por ciento de todos los viajes en ALC se producen en transporte colectivo o público (Estupiñan *et al.*, 2018). El sector del bus domina estos trayectos. Inicialmente de propiedad pública, el sector del bus en la región experimentó una desregulación y privatización generalizadas en los años ochenta y noventa, lo cual generó una sobreoferta de operadores de minibuses, a menudo con rutas que se solapan y compiten ferozmente por los pasajeros en lo que se ha denominado “la guerra del centavo”, que produce condiciones caóticas, inseguras y congestionadas en el tráfico vehicular. Los usuarios del transporte público destinan entre un 50 por ciento y un 100 por ciento más de tiempo viajando que los usuarios del automóvil y

las motos, y sus niveles de seguridad y comodidad son inferiores (Vasconcellos y Mendoça, 2016). Debido a las bajas tasas de propiedad de vehículos en los segmentos más pobres de la población, la asequibilidad y la eficiencia de los servicios públicos de buses también son particularmente importantes. En la mayoría de las ciudades de ALC, los costos mensuales de las tarifas superan el 6 por ciento deseable del salario mínimo. Como ejemplo, en las zonas metropolitanas en Brasil el gasto mensual en el transporte público representa el 25 por ciento del salario mínimo.

A lo largo de las últimas dos décadas, los gobiernos en la región de ALC han comenzado a invertir en sistemas de transporte urbano modernos, y el grueso del financiamiento se ha producido entre 2002 y 2013. Como resultado de estas inversiones, la región ha experimentado una proliferación de sistemas de buses de tránsito rápido. Actualmente, estos sistemas funcionan en 54 ciudades en ALC y en 167 ciudades en todo el mundo (WRI Brazil Ross Center for Sustainable Cities 2018). A medida que estos sistemas han madurado, y en numerosos casos han alcanzado niveles de saturación del número de pasajeros, las ciudades más grandes en los países de ingresos más altos de ALC han comenzado a invertir en sistemas de metro y de tren ligero. En 2014, 157 ciudades en todo el mundo tenían un sistema de metro operativo. Hay 54 redes en Asia, 46 en Europa y 18 en ALC, donde Ciudad de México es la red más transitada (UITP, 2015). Otras ciudades, basándose en sus características geográficas y dadas las ventajas en términos de costos de construcción y menor desplazamiento de personas, han implementado sistemas de teleféricos. El primer teleférico diseñado como sistema de transporte en ALC se inauguró en Medellín, Colombia en 2004. Desde entonces, Caracas (Venezuela), Cali (Colombia), Ciudad de México (México), Río de Janeiro (Brasil) y La Paz (Bolivia) han construido sistemas similares. Actualmente, el sistema en La Paz, Mi Teleférico, se considera el sistema más largo del mundo.

3. Modelación del transporte urbano

La siguiente sección resume las diferentes perspectivas teóricas que fueron presentadas para entender la demanda de transporte y que sirven para comprender la potencial causalidad de intervenciones en el sistema de transporte urbano.

3.1. Previsiones del uso del transporte

La movilidad de las personas en zonas urbanas es un fenómeno complejo debido al considerable número de factores que pueden influir en el proceso de toma de decisiones. Se han desarrollado múltiples teorías para orientar la planificación del transporte urbano. En el modelo clásico, las personas toman decisiones secuenciales

en lo que se conoce como el modelo de cuatro pasos (Manheim 1979; Florian et al. 1988). El primer paso, generación de viajes, predice el número de viajes originados en o destinados para un análisis de la zona de tráfico como una función del uso de la tierra, la demografía de los hogares y otros factores socioeconómicos.² En el centro de este primer paso se encuentra la idea de que la intensidad de la actividad disminuye con la distancia del distrito comercial central. El segundo paso es la distribución de viajes, que empareja los orígenes con los destinos, a menudo utilizando un modelo de gravedad, donde se supone que la interacción entre las dos localizaciones disminuye con el aumento de la distancia, el tiempo y el costo entre ellas, pero que está asociada positivamente con la cantidad de actividad en cada localización (Isard, 1956). El tercer paso tiene relación con la opción del modo, que calcula la proporción de viajes entre cada origen y destino que utiliza un determinado modo de transporte. Se han utilizado modelos que ponen de relieve conceptos de la economía y la psicología sobre el comportamiento de los consumidores y de las opciones (Domencich y McFadden 1975). El cuarto paso en el modelo es la asignación de rutas, que asigna viajes entre un origen y un destino, mediante un modo concreto, a una ruta. Para esto, la modelación supone que los conductores eligen el camino más corto (en duración del trayecto), sujeto a que todos los demás conductores hacen lo mismo (Wardrop y Whitehead 1952), o bien siguen las direcciones de un gestor del tráfico como en un modelo de competencia de Stackelberg (Stackelberg, 2011).

Aunque el modelo de cuatro pasos todavía se menciona ampliamente en la literatura sobre el transporte, en el análisis se han incluido nuevos tipos de decisiones, como la decisión a propósito de la duración del trayecto, que ha dado lugar a modelos de distribución del tiempo. Otra clase de modelos, los modelos basados en la actividad predicen dónde y cuándo las personas llevan a cabo actividades específicas (por ejemplo, el trabajo, el ocio, las compras). La principal premisa que sustenta estos modelos es que la demanda de viajes se deriva de actividades que las personas necesitan o desean llevar a cabo y que las decisiones del viaje forman parte de las decisiones de los horarios. En ese caso, el viaje es visto sólo como uno de los atributos de un sistema. Los modelos basados en la actividad han sido utilizados recientemente para predecir emisiones (Bekx *et al.*, 2009) y la calidad del aire (Shifftan 2000; Hatzopoulou y Miller 2010).

Los modelos integrados del uso de transporte terrestre tienen como fin predecir el efecto de los cambios en la red de transporte en la localización futura de actividades, y luego predecir el efecto de estas nuevas localizaciones en la demanda de transporte. A medida que las tecnologías de ciencia de datos y el big data se vuelven

más disponibles, la investigación avanza hacia la predicción del comportamiento de los conductores individuales, lo cual se conoce como modelo de conductor (Fox, 2018). Esto se puede lograr utilizando datos a nivel de los conductores recopilado en cámaras, perfiles de las redes sociales, datos de las compras con tarjetas en tiendas, y el historial del motor de búsqueda, entre otras actividades. Esto podría generar mediciones más precisas, pero también suscita problemas a propósito del almacenamiento de datos y la confidencialidad.

3.2 El empleo, la productividad y el transporte

El rol de la infraestructura de transporte en el desempleo y la informalidad del trabajo teóricamente ocurre debido a dos grandes factores. El primer factor es la hipótesis del desajuste espacial planteado por Kain (1968), que sostiene que la segregación espacial de las minorías de bajos ingresos de centros laborales de habilidades adecuadas disminuye la asequibilidad de las búsquedas de empleo y de los viajes al trabajo, y aumenta así las tasas de desempleo de esas comunidades aisladas y predominantemente dependientes del transporte. El segundo factor es la hipótesis del salario de reserva, que establece que el salario al que una persona está dispuesta a ofrecer trabajo probablemente será más alto cuanto más altos sean los costos de transporte. Por lo tanto, el aumento de los costos de transporte tiene más probabilidades de limitar el alcance geográfico de las oportunidades de empleo (Patacchini y Zenou 2005). El impacto de los costos de transporte es mayor para los trabajadores menos cualificados que tienen salarios más bajos.

Más recientemente, Franklin (2017) sostiene que los que buscan empleo y tienen limitaciones de dinero deciden cuál es la intensidad óptima de su búsqueda para igualar el costo marginal del consumo al que renuncian, debido a los costos de la búsqueda, con la ganancia marginal de la mayor probabilidad de tener un buen empleo. En este contexto, las personas más pobres tienen más dificultades para buscar intensivamente porque el costo marginal de la búsqueda es mucho mayor para ellas. Según la hipótesis de Franklin, disminuir los costos de la búsqueda de empleo (mediante subsidios del transporte) aumentaría la intensidad y la duración de las actividades de búsqueda de empleo mediante tres grandes canales (posiblemente interrelacionados): (1) un efecto de los precios, cambiando el precio relativo de la búsqueda cuando se proporcionan subsidios del transporte; (2) un efecto de la riqueza, disminuyendo el gasto total de la búsqueda, que alivia las dificultades de dinero, disminuye la desutilidad marginal de más búsquedas e impide la disminución de los ahorros; y (3) un efecto de tiempo, por el cual el alivio de las necesidades de dinero puede disminuir la necesidad de que las personas desempleadas opten por

formas temporales de empleo que imponen una gran restricción de tiempo que puede perjudicar su capacidad de buscar un mejor empleo.

Los sistemas de transporte público en la periferia de las zonas urbanas tienden a estar mal coordinados (Cervero, 2000), lo cual trae como resultado que los pobres tienen los tiempos de viaje más largos e incurren en más transbordos (Ardila-Gomez 2012). Esto, a su vez, disminuye su acceso a los empleos y otras oportunidades económicas (Carruthers, Dick y Saurkar 2005). La investigación sobre los viajes de las mujeres en ALC y en otras regiones en vías de desarrollo ha observado que, en promedio, las mujeres tienden a trabajar más cerca del hogar, realizan viajes más cortos y más frecuentes, caminan y usan el transporte más a menudo, encadenan más múltiples viajes a lo largo del día para una mayor diversidad de fines), viajan más a menudo durante las horas pico y experimentan más problemas de seguridad en los sistemas de transporte y como peatones (Simicevic, Milosavljevic y Djoric 2016; Duchéne 2011; GTZ Sector Project Transport Policy Advisory Service 2007; Loukaituou-Sideri 2008; Osmond y Woodcock 2015).

3.3 Uso de la tierra y transporte³

A lo largo del tiempo se han elaborado varios modelos descriptivos y analíticos para explicar la relación entre el transporte y las estructuras del uso de la tierra. El modelo de Von Thünen, desarrollado a comienzos del siglo XIX, es la representación más antigua basada en una localización central y su impacto concéntrico en el uso de la tierra circundante. Los principios subyacentes de este modelo han constituido el fundamento de muchos otros donde se incorporan consideraciones económicas, a saber, el alquiler de la tierra y la distancia de decaimiento.

El modelo concéntrico de Burgess, una adaptación del modelo de Von Thünen, fue uno de los primeros intentos de investigación de los patrones espaciales a nivel urbano (Park y Burgess, 1925) que proponen una representación concéntrica a partir del distrito comercial central. Desarrollos posteriores incluyen modelos sectoriales, por los cuales los corredores de transporte, como las líneas férreas, el transporte público y las principales vías son fundamentalmente responsables de la creación de sectores (Hoyt, 1939). Los modelos de núcleos múltiples sostienen que hay una integración progresiva de diversos núcleos separados en la estructura espacial urbana con diferentes niveles de accesibilidad (Harris y Ullman, 1945). Los modelos híbridos combinan el efecto concéntrico de las localizaciones centrales (distritos comerciales centrales y subcentrales) y el efecto radial de un eje de transporte, todos superpuestos para formar un patrón del uso de la tierra (Isard, 1955). La teoría de la renta de la tierra, una teoría económica geográfica basada en algunas de las ideas

sobre el crecimiento urbano presentadas anteriormente ha sido ampliamente reconocida en la investigación sobre el transporte. Esta teoría aborda cómo los precios y la demanda inmobiliaria cambian a medida que aumenta la distancia del distrito comercial central. Más específicamente, hay un mercado donde diferentes actividades urbanas compiten por el uso de la tierra en una localización. Cuanto más deseable sea una localización, mayor el valor de su renta. El transporte, mediante la accesibilidad y la distancia relativa, se convierte en un fuerte factor explicativo del precio de la tierra y su uso (Kenworthy *et al.* 2015; Medda 2012; Debrezion *et al.* 2007).

La tendencia más reciente en los modelos de cambios en el uso de la tierra en diferentes espacios como respuesta a las intervenciones del transporte se basa en modelos autómatas celulares o modelos dinámicos del uso de la tierra, donde la unidad de análisis se representa mediante una celda o un cuadrículado (Tobler, 1979). Este enfoque permite un mayor nivel de detalle espacial (resolución) en el análisis, y vincula los cambios en las estructuras de transporte con los resultados sobre la estructura espacial de las zonas urbanas. Según autores como Laus y Kam (2005), el modelo autómatas celular tiene mejores resultados que el modelo alternativo con sólo una función de distancia, lo que confirma la importancia de incorporar atributos locales en los modelos de cambios del uso de la tierra.

Tal como se resumió en esta sección, la inversión en transporte urbano puede traer significativos cambios a las estructuras urbanas los cuales afectan las decisiones y ubicación a nivel individual. Las teorías sirven para comprender mejor el comportamiento del transporte e identificar los potenciales efectos esperados de intervenciones en el transporte urbano. Así mismo, proveen múltiples explicaciones para los distintos resultados posibles. En resumen, las intervenciones en el transporte urbano modifican los costos de transporte y estos afectan las decisiones de búsqueda laboral y distribución del tiempo disponible. También, los costos de transporte constituyen un atributo geográfico importante que afecta el valor de la tierra.

4. Evidencia sobre las intervenciones en el transporte urbano

La siguiente sección resume la evidencia disponible de los estudios causales sobre el transporte urbano. El capítulo está organizado considerando los distintos tipos de intervenciones al transporte urbano, que fueron implementadas en distintos países según el contexto. En varios casos, los hallazgos y la metodología de evaluación son similares a lo largo de distintas intervenciones, por ejemplo, el análisis de los efectos en el empleo y el valor de la tierra y el uso de modelos de diferencias en diferencias

(DED) es común para estudios sobre BTR, metro y rieles ligeros. En otros casos, la naturaleza de la intervención lleva a los resultados y metodología utilizada, tales como el enfoque en impacto ambiental (por ejemplo, la contaminación) que resulta de políticas de restricción de tráfico y el uso de regresiones de diseño discontinuado (RDD) dado el abrupto cambio en la política.

4.1. Evidencia sobre los sistemas de buses de transporte rápido

Si bien los diseños pueden variar ampliamente, los sistemas de buses de tránsito rápido generalmente son sistemas basados en buses que operan en vías especiales, con un servicio rápido mediante la implementación de diversas características operativas como pagos fuera de la unidad o vehículo, plataformas de embarque a nivel del bus, prioridad en las intersecciones, carril de adelantamiento y servicio frecuente.⁴ La introducción de estos sistemas también se ha visto generalmente acompañada de reformas gubernamentales del sector de autobuses que emplea diversos sistemas de contratación público-privado, o una mezcla de planificación centralizada e inversión privada y operación del servicio. Dado que estos sistemas se consideran un enfoque costo-efectivo y flexible para proporcionar un transporte de alta capacidad y más sostenible para el medio ambiente, han crecido rápidamente en todo el mundo.

No hay una explicación teórica clara del impacto que los sistemas de BTR pueden tener en los valores inmobiliarios y en los cambios en el uso de la tierra. El aumento de los precios inmobiliarios puede depender de la calidad de los sistemas de transporte público y su posterior capacidad para reducir los tiempos de viaje (Cervero y Kang, 2011; Bocarejo *et al.*, 2013). Dado que los diseños de sistemas de BTR y su ahorro asociado en términos de la duración del viaje pueden variar ampliamente, los efectos en los valores inmobiliarios también pueden variar. Como plantea Medda (2012), los usuarios pueden valorar las reducciones de la duración del viaje de manera diferente, dependiendo de las localizaciones a las cuales estos nuevos sistemas proporcionan acceso. Además, la medida en que los beneficios de la accesibilidad se traducen en valores inmobiliarios dependerá de la sensibilidad de los usuarios ante las mejoras en el acceso (Rodríguez y Mojica, 2009). Los sistemas de BTR y otras inversiones de transporte masivo que funcionan en la superficie o en elevación también pueden tener efectos negativos en los valores inmobiliarios y en el uso de la tierra cerca del sistema debido a efectos perjudiciales como el ruido, la contaminación del aire y las aglomeraciones de pasajeros. Por último, algunos estudios plantean que el potencial de los sistemas de BTR para aumentar los valores inmobiliarios puede ser inferior a los sistemas de trenes pesados y ligeros debido a

su flexibilidad, la percepción sobre su menor nivel de permanencia y la rigidez como servicio de infraestructura (Rodríguez y Targa 2004; Vuchic 2002).

Varios estudios que analizan los efectos de los sistemas de BTR en los valores inmobiliarios y el desarrollo inmobiliario arrojan resultados diversos,⁵ pero sólo un puñado de trabajos utilizan estrategias empíricas que pretenden determinar la atribución. Perdomo (2011) utiliza el emparejamiento por puntajes de propensión para evaluar el impacto de los valores inmobiliarios de TransMilenio, el sistema de BTR de Bogotá, y encuentra un impacto positivo en zonas en la vecindad del sistema. Sin embargo, la ausencia de información que varía en el tiempo no permite controlar por las características no observables que podrían influir en los resultados. Rodríguez y Mojica (2009) evalúan el impacto de la ampliación del TransMilenio en los valores inmobiliarios considerando los precios que se anuncian para la venta. Explotan una estimación de diferencias en diferencias y observan aumentos en los precios en zonas que ya estaban cubiertas por el TransMilenio pero que se beneficiaban de una ampliación, y no detectan ningún impacto en zonas que obtienen un acceso nuevo al sistema. Su enfoque empírico carece de un análisis de cómo eran los grupos similares de tratamiento y control en la línea de base y un debate sobre si en este caso se cumplen los supuestos de tendencias paralelas, requeridos para que las diferencias en diferencias sean válidas.

También se teoriza sobre el aumento del valor inmobiliario para estimular el cambio del uso de la tierra aumentando el atractivo del desarrollo o renovación de parcelas cerca de las estaciones (Rodríguez y Mojica, 2009). Las parcelas anteriormente vacantes pueden volverse más atractivas para los inversores inmobiliarios, y aquellas donde se ha construido pueden convertirse en el objetivo de un desarrollo o de construcción de relleno más intensivo. La planificación de los efectos en el tiempo puede ser importante: si bien los efectos en el precio de la tierra pueden ser instantáneos, los cambios en el uso de la tierra tienden a producirse más lentamente, en parte debido a retrasos institucionales (por ejemplo, conseguir permisos de construcción y enmiendas a la zonificación) Perez *et al.*, 2003). La literatura que analiza los efectos del desarrollo urbano o los cambios en el uso de la tierra a partir de las inversiones en sistemas de buses de tránsito rápido todavía es escasa y, además, muestra resultados heterogéneos (Stokenberga, 2014). Una vez más, la mayor parte de esta literatura se basa en comparaciones antes y después, o en análisis transversales que analizan la distancia del sistema, sin una consideración explícita de los escenarios contrafactuales.⁶ El único estudio identificado en este caso que ofrece una estimación de diferencias en diferencias es Bocarejo *et al.* (2013), que muestra que la población de las zonas cubiertas por el TransMilenio de Bogotá crece

más que en las zonas sin acceso al sistema, sobre todo las zonas de enlaces alimentadores, pero no hay cambios importantes en el uso de la tierra.⁷

Al reducir los costos de transporte y mejorar la accesibilidad, las inversiones en BTR también pueden tener efectos para facilitar el acceso a los mercados y servicios. Siguiendo estas líneas, diversos estudios, la mayoría realizados en países desarrollados, han analizado el impacto de las inversiones en transporte urbano en los resultados del empleo, pero la mayoría son no causales.⁸ Estudios recientes han intentado abordar la causalidad cuando analizan el impacto de los sistemas de autobús de tránsito rápido en el empleo. En su análisis del sistema de bus de tránsito rápido metropolitano de Lima, Perú, Scholl *et al.* (2018) se basan en una combinación de análisis de diferencias en diferencias y de puntajes de propensión por área sobrepuestos. Señalan que sólo varios años después de la introducción de la línea de BTR se observan efectos positivos en los resultados de empleo (empleo, empleo formal, horas trabajadas e ingreso laboral mensual) para personas que viven en zonas que originalmente estaban más abandonadas, y que esos efectos positivos son únicamente para las zonas de influencia de las líneas de enlace secundarias del BTR. Tsivanidis (2018) analiza los efectos agregados y distribucionales del TransMilenio. Basándose en trabajos que incluyen ecuaciones de gravedad para los flujos de desplazamiento (Ahlfeldt *et al.* 2015), propone una nueva metodología de forma reducida derivada de la teoría de equilibrio general basada en el “acceso al mercado de transporte”, y sostiene que los enfoques basados en la distancia pueden prestarse a equivocaciones al capturar la intensidad del tratamiento. Para abordar la ubicación no aleatoria de la ruta, utiliza una estimación de las variables instrumentales que explotan los datos históricos sobre el sistema de tranvía, y estimaciones de ingeniería del costo para construir los sistemas de BTR en diferentes tipos de tierras. El autor observa que, si bien el sistema provocó aumentos del bienestar y un producto superior a su costo, favoreció ligeramente más a los trabajadores altamente cualificados. El análisis de los mecanismos sugiere un aumento potencial en la segregación residencial por habilidades.

Otra corriente reciente de la literatura sobre los buses de tránsito rápido ha analizado los efectos de esos sistemas en la contaminación. Bel y Holst (2018) estudian el efecto del Metrobus de ciudad de México en las emisiones contaminantes. Utilizando técnicas de diferencias en diferencias y de regresión por cuantiles, los autores estiman la concentración atmosférica de los contaminantes en la ciudad de México entre 2003 y 2007 con el fin de evaluar el impacto de la introducción del Metrobús. Llegan a la conclusión de que el sistema de bus de tránsito rápido es una política ambiental efectiva, y que reduce las emisiones de CO, NO_x, PM_{2,5} y PM₁₀.

El acceso limitado a medios de transporte seguros es uno de los mayores desafíos para las mujeres en países de desarrollo en cuanto a su participación en la fuerza laboral, esto reduce su probabilidad de participación en 15.5 puntos porcentuales (OIT 2017). Dos estudios recientes que buscan efectos en el empleo por parte de servicios de autobús muestran que dichos efectos son particularmente significativos en mujeres. Martínez et al (por publicar) observa tanto el sistema de metro como de BTR en Lima y explora los efectos diferenciales en el empleo por género. Utilizando regresiones de DED observan áreas comparables (seleccionadas mediante coincidencias en niveles de puntaje de propensión para dichas áreas) que se encuentran a diferentes distancias de dichos sistemas, y muestran un incremento en la probabilidad de ser empleado entre las mujeres que se encuentran cerca de los sistemas de transporte, mientras que el estudio en hombres no muestra resultados significativos. Estos cambios son impulsados por mujeres que antes no integraban la fuerza laboral y se observan mejoras en las condiciones laborales (pero no en la calidad laboral). Abu-Qarn and Lichtman-Sadot (2019), proveen evidencia de un intercambio entre la inversión en la educación y el tiempo destinado al trabajo por las mujeres luego de la introducción de sistemas de buses en las ciudades árabes en Israel. Ellos sostienen su estrategia de identificación basada en el argumento que la introducción de la línea de buses y los cambios en las rutinas fueron aleatorios debido a los largos procesos burocráticos de aprobación para este tipo de cambios.

4.2. Evidencia sobre los sistemas de tren ligero y metro

Los sistemas de tren ligero y metro son lo suficientemente caros como para que estos proyectos normalmente requieran grandes subsidios. Para justificar estos subsidios, quienes los proponen a menudo afirman la capacidad de estos sistemas para tener un efecto transformador en la ciudad y estimular el crecimiento del empleo (Gonzalez-Navarro y Turner 2018). Sin embargo, la evidencia es limitada a propósito de estos efectos transformadores. Esta sección se centra en el pequeño conjunto de trabajos que intentan solucionar el problema de causalidad creado por la asignación no aleatoria de estos sistemas y sus estaciones.

Baum-Snow y Kahn (2000) estudian el impacto del nuevo transporte ferroviario en el uso y los valores inmobiliarios. Los autores aprovechan la variación en los cambios de acceso al transporte entre los sectores censales en cinco grandes ciudades en Estados Unidos que modernizaron sus sistemas ferroviarios en los años ochenta, utilizando la distancia como un indicador del acceso al transporte. Los autores observan que las mejoras del transporte ferroviario generaron un aumento del transporte masivo para desplazarse, pero a una pequeña capitalización de la

infraestructura de transporte en precios y alquileres de la vivienda. En una investigación relacionada, Gibbons y Machin (2004) en el caso del Metro de Londres y el Tren Ligero de Docklands, en el sureste de Londres, y Billings (2011) en el caso de la nueva línea ferroviaria en Charlotte, Carolina del Norte, muestra aumentos de los precios en las zonas más cercanas a los sistemas utilizando enfoques de diferencias en diferencias. Más recientemente, Dorna y Ruffo (2017) utilizando un enfoque de diferencias en diferencias combinado con el análisis de emparejamiento, observan que la electrificación de una línea suburbana de tren ligero en Buenos Aires tuvo efectos positivos en los precios de la vivienda en torno a las zonas de influencia de las estaciones. Utilizando una metodología de control sintético, también observan que la mayor fiabilidad del servicio tenía importantes efectos en el número de pasajeros.

Si bien estos estudios proporcionan evidencia en relación con los efectos del transporte masivo en los valores inmobiliarios, no proporcionan información sobre la relación entre los sistemas de tren ligero y metro y el crecimiento de las ciudades. Si estos sistemas influyen en el crecimiento urbano, esos efectos aparecerán tanto cerca como lejos de las estaciones y podrían tardar más tiempo en manifestarse. Estos efectos a nivel de la ciudad, por definición, no son capturados por una metodología de diferencias en diferencias, como señalaron González-Navarro y Turner (2018), que estudiaron la relación entre la cobertura de una red de metro de la ciudad, su población y su configuración espacial en las 632 ciudades más grandes del mundo. Para esto, construyeron datos de panel que describían los sistemas de metro en estas ciudades, su población y medidas de centralización calculadas a partir de datos de luces nocturnas. Su evidencia sugiere que cuando las grandes ciudades construyen metros, los metros tienen como máximo un ligero efecto en el crecimiento de la población urbana. Sin embargo, observan que los metros permiten expandirse a los núcleos centrales de las grandes ciudades y reorganizar la actividad en las ciudades, lo que sugiere que cuando los costes del transporte disminuyen, la actividad económica se puede extender.

En relación con el empleo, Holzer *et al.* (2003) explotan el cambio exógeno en la accesibilidad al empleo generada por la ampliación del Sistema de Tránsito Rápido del Área de la Bahía (BART -Bay Area Rapid Transit System) (incluyendo el ferrocarril pesado y el metro). Utilizando un enfoque de diferencias en diferencias, los autores estiman el impacto de la expansión de BART en la propensión de las empresas suburbanas a contratar a poblaciones minoritarias, y encontraron aumentos considerables en las tasas de contratación de trabajadores latinos pero ningún aumento en las tasas de contratación de afroamericanos. Utilizando datos históricos

sobre establecimientos manufactureros desde 1850 a 1870, en modelos de diferencias en diferencias y de variables instrumentales, Atack, Margo y Haines (2008) observan que la introducción del ferrocarril aumentó el tamaño de los establecimientos en las manufacturas. Más recientemente, el impacto de un shock exógeno del huracán Sandy, que obligó a cerrar una parte del sistema de metro de Nueva York (el R train) en 2013, se analizó para estimar el efecto del sistema en el acceso al empleo (Tyndall, 2017). Las conclusiones muestran que vivir cerca del tren R durante el cierre tuvo como resultado un aumento general de la probabilidad de ser desempleado y que los efectos serán menores para personas que tenían acceso a un vehículo y mucho mayores para aquellos que dependían del transporte. En cuanto al género, Asahi (2016) utiliza modelos de efectos fijos para demostrar que la mayor proximidad a la red subterránea en Santiago, Chile, está asociada a una mayor tasa de empleo y horas trabajadas especialmente en mujeres.

Otra corriente importante de la literatura sobre los efectos del tren ligero y el metro estudia su impacto en la contaminación del aire Chen y Whalley (2012) utilizan un diseño de regresión discontinua aguda para analizar el número de pasajeros de transporte ferroviario el día de la inauguración de un nuevo sistema de transporte ferroviario en Taipei, China. El supuesto detrás de este diseño es que en ausencia de la inauguración del Metro de Taipei, la calidad del aire habría cambiado ligeramente aquel día (es decir, los niveles de contaminación del aire en los días justo antes de la inauguración del Metro de Taipei constituyen un contrafactual válido para los niveles de contaminación del aire en Taipei en los días justo después de abrir el metro de Taipei) sujeto a diferencias en el tiempo, un conjunto de efectos fijos específicos del tiempo y una tendencia temporal suave muy flexible. Los autores llegan a la conclusión de que la inauguración del Metro de Taipei redujo la contaminación del CO₂ en el aire entre un 5% y un 15%, pero encuentran escasa evidencia de que la contaminación de ozono a nivel del suelo se vio afectada por la apertura del metro. Goel y Gupta (2015) utilizan una estrategia similar para medir los efectos del Metro de Delhi, India, en la contaminación del aire. Los autores explotan las grandes discontinuidades en el número de pasajeros del metro como resultado de cada ampliación de la red de transporte y analizan si coinciden con discontinuidades correspondientes en las medidas de contaminación. Encuentran evidencia de grandes reducciones en los niveles de NO₂ y CO₂.

4.3. Evidencia sobre los teleféricos

Los teleféricos son fundamentalmente atracciones turísticas en los países más desarrollados de occidente, pero en las ciudades de ALC han sido implementados

como sistemas de transporte para conectar a barrios aislados de bajos ingresos con el centro de la ciudad. Los teleféricos ofrecen múltiples ventajas en relación con los metros o los sistemas de tren ligero. Se pueden construir en un plazo más breve, no requieren el desplazamiento de grandes grupos de personas y parecen más adecuados para las ciudades con geografías montañosas (The Economist, 2017). Sin embargo, estos sistemas tienden a estar fuertemente subvencionados y no tienen la misma capacidad que otros sistemas de transporte masivo. El primer teleférico diseñado como sistema de transporte en ALC funcionó en Medellín, Colombia, desde 2004 desde entonces, Caracas (Venezuela), Cali (Colombia), ciudad de México (México), Río de Janeiro (Brasil) y La Paz (Bolivia) han construido sistemas similares.

Notablemente, todas las evaluaciones causales sobre teleféricos pertenecen a ciudades en la región de ALC, a saber, Medellín y La Paz.⁹ Utilizando metodologías causales, Cerdá *et al.* (2012) analizan los efectos del Metrocable de Medellín en la violencia, basándose en informes de homicidio a nivel de barrio y encuestas de los hogares. La estrategia empírica compara los barrios cubiertos por el Metrocable versus barrios comparables no cubiertos por este sistema (obtenido mediante técnicas de emparejamiento por puntajes de propensión) antes (2003) y después (2008) de completar el proyecto de transporte. Sus conclusiones muestran que la disminución de las tasas de homicidio fue mayor en los barrios tratados y que las denuncias de violencia de los residentes también disminuyeron en la proximidad del sistema. Utilizando información geo referenciada más detallada, Canavire-Bacarreza, Duque y Urrego (2016) también encuentran tasas de homicidio más bajas en barrios cubiertos por el Metrocable.

Bocarejo *et al.* (2014) también estudian los efectos del Metrocable en Medellín, y analizan los cambios en la accesibilidad al empleo, el ahorro en costos y en duración del trayecto y los valores inmobiliarios. Los autores utilizan datos de encuestas de origen y destino antes y después de la implementación del proyecto. Sus resultados muestran que el acceso proporcionado por Metrocable a los principales centros de empleo duplicaba el número de oportunidades laborales disponibles para personas en la zona de influencia del proyecto. Sin embargo, no observan grandes cambios en el ahorro y en los costes de la duración del trayecto reportados. Además, los autores no encuentran una relación estadísticamente significativa entre el Metrocable y los precios de la vivienda.

Se suele suponer que los teleféricos, así como otros sistemas de transporte urbano, generan ahorros de la duración del trayecto, pero hay escasos estudios de evaluación de impacto que cuantifiquen esos ahorros. Suárez-Alemán y Serebrinsky (2016)

llevan a cabo una estimación cuantitativa de los ahorros en la duración del trayecto debidos a Mi Teleférico, el sistema utilizado en La Paz. Los autores utilizan encuestas a nivel individual de origen y destino y comparan las duraciones de los trayectos entre viajes, con el mismo par origen-destino que los de Mi Teleférico, con otros sistemas de transporte. Sus conclusiones sugieren que, en promedio, Mi Teleférico reduce las duraciones del trayecto en un 22%.

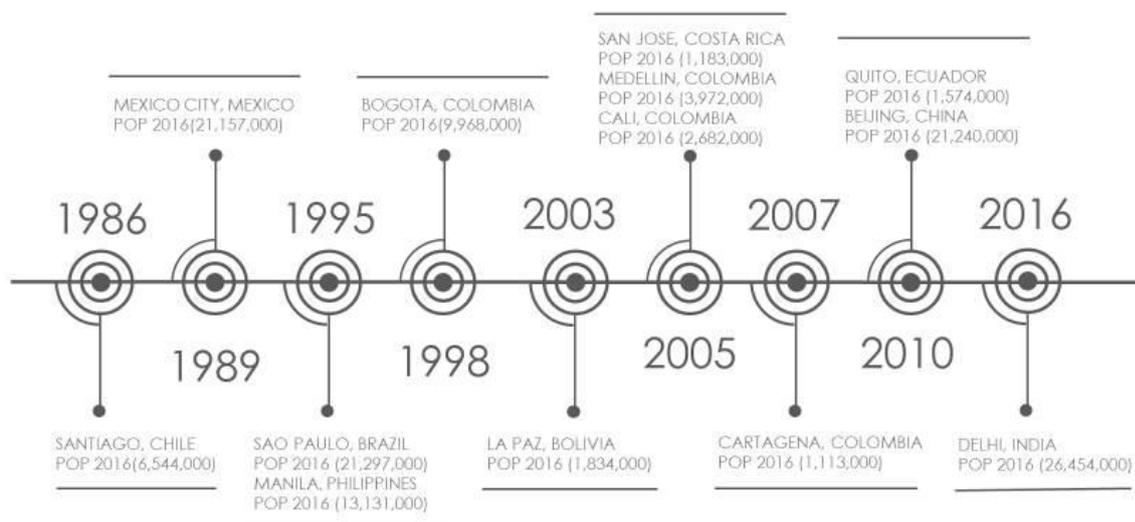
Más recientemente, Martínez *et al.* (2018a) estiman el impacto de Mi Teleférico en cambios en los gastos de transporte a nivel del hogar, en las decisiones individuales de asignación de los tiempos y en resultados de empleo. Dado que las estaciones estaban situadas de una manera *ad hoc* y que los hogares no podían manipular fácilmente su localización (sobre todo los propietarios de viviendas), la estrategia de identificación explota la distancia de la estación más cercana del sistema Mi Teleférico como una variable instrumental para predecir el uso del sistema. Los resultados apuntan hacia un cambio modal del transporte, dado que los hogares tratados reportan gastos más altos en transporte público y gastos menores en el transporte privado. En términos de asignación de los tiempos, hay una reducción considerable de la duración del trayecto y un aumento del tiempo dedicado a actividades educativas y recreativas. Por último, hay evidencia de aumentos en las actividades de autoempleo y aumentos asociados en los ingresos laborales.

4.4. Evidencia sobre las restricciones vehiculares

Actualmente, las grandes ciudades en ALC superan los límites anuales recomendados por la OMS de emisiones de PM₁₀ y PM₂₅ (OMS 2017) y, a la vez, tienen una baja puntuación en el índice Waze de satisfacción de los conductores y en el índice de tráfico TomTom (2017). Para lidiar tanto con la contaminación como con la congestión, y eventualmente intentar influir en el modo de opción de transporte de la población, varias ciudades del mundo han aplicado políticas para disminuir las emisiones y/o reducir la congestión vehicular durante las horas pico. Estas políticas comprenden grandes inversiones en transporte público, carriles especializados para vehículos de alta capacidad y sistemas de cobro en horas de congestión. Sin embargo, estas medidas son costosas o tienen una carga política, de modo que a los gobiernos municipales les resulta difícil implementarlas. Varias ciudades, sobre todo en ALC, han optado por una alternativa menos cara, a saber, las restricciones vehiculares. ALC ha sido pionera en su aplicación (Gráfico 1). Siguiendo las restricciones impuestas en Santiago de Chile en 1986, siguieron varias grandes ciudades de ALC, entre ellas ciudad de México, São Paulo, La Paz, San José, Quito

y varias ciudades en Colombia. Más recientemente, ciudades como Deli, en India y Beijing, en China han implementado enfoques similares.

Gráfico 1. Cronología de las políticas de restricción vehicular en el mundo



Fuente: Elaborado por los autores.

Nota: POP indica el tamaño de la población para cada ciudad en 2016.

Normalmente, estas restricciones prohíben el uso de vehículos particulares ligeros durante horas específicas de cada día de la semana en ciertas zonas de una ciudad, basándose en una determinada regla, por ejemplo, los últimos dígitos de las matrículas de los vehículos. Las restricciones rigen durante las horas pico tanto por la mañana como por la tarde. La supervisión del programa se debe ya sea a la vigilancia de las patrullas policiales en la calle o a cámaras de tráfico, y se cobran multas importantes a los infractores.¹⁰

Varios estudios han utilizado metodologías empíricamente robustas para evaluar la efectividad de este tipo de restricciones, y la mayoría de las conclusiones han sido decepcionantes. Las restricciones permanentes no tienen un efecto duradero para reducir la contaminación o el tráfico e incluso pueden inducir a los hogares a adquirir un segundo vehículo sumamente contaminante para burlar totalmente la restricción.¹¹ Los estudios sobre el programa “Hoy No Circula” en Ciudad de México, como el de Eskeland y Feyzioglu (1997), concluyen que las restricciones vehiculares aumentaron

el uso de gasolina, muy probablemente debido a un segundo vehículo en el hogar. Davis (2008) encuentra un aumento del 20 por ciento de la flota vehicular con una disminución del número de viajeros de autobuses y un aumento de las ventas de vehículos, a la vez que observa que no hay un efecto discernible en la calidad del aire. Gallego, Montero y Salas (2013) observan que los hogares tardan un poco menos de un año en modificar su número de vehículos y, por lo tanto, los beneficios de la restricción desaparecen hacia el segundo año. Davis (2017) sugiere que la ampliación de la restricción a los sábados no ha disminuido la contaminación del aire, dado que las personas pueden viajar en otros vehículos privados. Por último, Blackman *et al.* (2018) utiliza una metodología de valoración contingente de la disposición a pagar para evitar la restricción vehicular. Encuentran una disposición a pagar de un promedio anual de USD 130 por vehículo, lo cual representa hasta el 2 por ciento de los ingresos anuales de un conductor.

Las metodologías para evaluar el impacto de estas restricciones normalmente explotan la planificación en el tiempo de la intervención. Los estudios sobre el impacto de las restricciones en la contaminación de Ciudad de México utilizan las estaciones de monitoreo de la calidad del aire en toda la ciudad y un diseño de regresión discontinua centrado en torno a la fecha de implementación, a la vez que controlan por covariantes ambientales y términos de ajuste polinomiales (Davis 2008, 2017; Gallego, Montero y Salas 2013). Esta metodología ha sido replicada en otros estudios (ver Blackman, Li y Liu, de próxima publicación, para una revisión de los estudios de países en vías de desarrollo) y los resultados son comparables con el del programa de Ciudad de México. Los estudios sobre los programas en Bogotá, Santiago, São Paulo y Quito han observado beneficios a corto plazo, pero resultados a largo plazo heterogéneos o incluso desdeñables porque los conductores adoptan estrategias para burlar la restricción (Troncoso, de Grange y Cifuentes 2012; Bonilla 2016; Carrillo, Malik y Yoo 2016; Zhang, Lawell y Umanskaya 2017). En resumen, la literatura existente sugiere que las restricciones vehiculares pueden funcionar para emergencias de contaminación a corto plazo, pero que si se utilizan como soluciones a largo plazo para la contaminación y la congestión se debe tener en cuenta los sustitutos públicos o no contaminantes disponibles y las respuestas en el comportamiento de los conductores.

4.5. Evidencia sobre las empresas de redes de transporte

En los últimos años, las empresas de redes de transporte (también conocidas como empresas de *ride-sourcing*) han sido objeto de una notable atención de los consumidores, los medios de comunicación y los responsables de las políticas. Estas

empresas han surgido como servicios basados en aplicaciones y en la demanda de transporte y han generado un debate a propósito de su rol en el transporte urbano. Las empresas de redes de transporte se han vuelto más habituales a lo largo de la última década, y servicios locales o regionales pequeños han dado lugar a empresas nacionales y globales. Ejemplos de ello son Car2go, Zipcar, ReachNow, Via, Cabify, Lyft y Uber.

El sector del transporte de numerosas ciudades (incluidas las de ALC) actualmente experimenta un alto nivel de disrupción con la introducción y evolución de la tecnología y los servicios de transporte. A medida que crezcan estas nuevas modalidades de transporte basados en la tecnología, es importante entender cómo influyen en los sistemas de transporte y en la sociedad. La literatura sobre este tema parece ser muy limitada, en parte debido a su novedad y a la falta de datos abiertos sobre estos servicios. Además, hay dificultades para construir escenarios contrafactuales válidos dado que en numerosos casos las empresas de redes de transporte se introducen en toda una ciudad o todo un país de manera simultánea.

El *ride-sourcing* ha sido comparado principalmente con los taxis. Esto se debe fundamentalmente a que ambos servicios consisten de pasajeros que pagan una tarifa por un viaje. Sin embargo, hay numerosas diferencias entre ellos, incluido el uso de la tecnología, las diferencias del mercado laboral y las regulaciones públicas. En los diferentes países donde las empresas de *ride-sourcing* han intentado penetrar, ha habido resistencia por parte de los proveedores actuales (en su mayoría taxis) y polémicas porque las nuevas empresas perturban la industria, compiten con los taxis y los privan de numerosos clientes. Rayle *et al.* (2014) comparan el *ride-sourcing* con los taxis tradicionales en San Francisco utilizando una encuesta de interceptación. Sus conclusiones sugieren que el *ride-sourcing* satisface una demanda latente de recorridos urbanos y que generalmente es atractivo para los usuarios más jóvenes con un mayor nivel de educación que requieren tiempos de espera más breves y un servicio rápido de un punto al otro, a la vez que evitan las inconveniencias de conducir, como tener que aparcar, o las restricciones relacionadas con el consumo de alcohol y la conducción.

Una de las principales preocupaciones con el auge de las empresas de *ride-sourcing* ha sido el efecto que tienen en la congestión del tráfico, sobre todo si se tiene en cuenta que las zonas en que operan son las grandes ciudades con tráfico denso. Utilizando un enfoque de diferencias en diferencias, Li, Hong y Zhang (2017) observan que la entrada de Uber en el mercado de Estados Unidos disminuye significativamente el tiempo de congestión vehicular, los costos de congestión y el

consumo excesivo de combustible. Los autores sostienen que los servicios de *ride-sharing* tienen el potencial para reducir la propiedad de automóviles, cambiar el modo de tráfico de un solo ocupante por el hábito de compartir trayectos y retrasar los desplazamientos durante las horas pico, reduciendo así la congestión general del tráfico en una zona urbana. Por lo que sabemos, éste es el único estudio que intenta mostrar un efecto causal de la entrada de una empresa de redes de transporte.

4.6. Incentivos para aumentar la demanda de los sistemas de transporte urbano

A medida que se construyen sistemas de transporte urbano y se consolidan sus operaciones, surgen nuevas preguntas de evaluación relacionadas con los aspectos operativos del sistema. Desde la perspectiva de los operadores (en varios casos un actor del sector privado), algunas de estas preguntas podrían estar relacionadas con cuáles son las tarifas más adecuadas para maximizar la demanda del sistema o qué tipo de estrategias de promoción podrían ser más efectivas para incentivar su uso, entre otras cosas. Desde una perspectiva de las políticas públicas, incentivar la demanda podría ser clave para promover un cambio modal a sistemas de transporte que son más ambientalmente sostenibles. También podría ser pertinente para entender cómo los sistemas de transporte pueden maximizar los efectos de inclusión social mediante subsidios bien diseñados y focalizados. Esta sección presenta evidencia a propósito de algunas de estas preguntas.

Estudios sobre la disposición a pagar

Si bien es importante conocer los efectos de diferentes intervenciones urbanas, también es importante entender que muchas personas están dispuestas a pagar por esas intervenciones. Varios estudios, la mayoría de ellos en países desarrollados, han analizado la disposición a pagar de los viajeros o consumidores por diferentes servicios o atributos del transporte. En varios casos, esta información se produce mediante diseños experimentales (preferencias declaradas) mientras que en otros se basa en observaciones del comportamiento o las decisiones reales (enfoque de preferencias reveladas).

Algunos estudios han analizado la disposición a pagar para reducir la duración del trayecto en el contexto de carreteras de peaje, que ha sido utilizada para orientar el diseño de programas para poner precios a la congestión o a las tarifas que varían según la hora del día. La idea principal detrás de estas estimaciones consiste en obtener el valor del tiempo o la cantidad de dinero que un encuestado estaría dispuesto a pagar en peajes para ahorrar una hora con el fin de que se mantenga sin cambios la opción de transporte del encuestado (Brownstone *et al.* 2002). Calfee y

Winston (1998) aplican modelos de preferencia declarada a una muestra de conductores que regularmente conducían al trabajo en grandes áreas metropolitanas de Estados Unidos. Observan que la disposición a pagar es sorprendentemente baja (entre USD 3,5 y USD 5 por hora) e insensible a las condiciones de viaje y a cómo se utilizan los ingresos de los peajes. Utilizando datos de preferencias reveladas, Brownstone *et al.* (2003) estiman que los usuarios tienen una disposición media a pagar USD 30 para reducir la duración del trayecto en una hora en la ruta de San Diego I-15, lo que pone de relieve el hecho de que los estudios de preferencia declarada generalmente producen valores más bajos que los estudios de preferencias reveladas (Wardman 2001). En el caso de la ruta 91 en el sur de California, Lam y Small (2001) estiman que el valor del tiempo oscila entre USD19 y USD24 por hora, dependiendo de la especificación del modelo. Estudian las tarifas por día, que podría explicar la variación en los resultados en comparación con Brownstone *et al.* (2002) que analizan las tarifas de congestión.

Los estudios sobre la disposición a pagar también se han aplicado a las mejoras de valor en la calidad de los servicios de transporte. Molin y Timmermans (2006) y Khattak, Yim y Stalker Prokopy (2003) evalúan el valor para los consumidores de diferentes aspectos de información que se pueden incluir en sistemas de información sobre transporte público en la red o digital en los Países Bajos y en Estados Unidos, respectivamente. Sus resultados indican que los viajeros están dispuestos a pagar por una mejor calidad y mejores sistemas de información interactiva. Eboli y Mazzulla (2008) estiman la disposición a pagar para mejorar la calidad de un servicio de bus entre estudiantes españoles. Sus resultados muestran que la valoración máxima corresponde a la frecuencia del servicio y el valor mínimo pertenece a la información en las paradas de bus. Más específicamente, los usuarios pagarían un aumento del 44 por ciento en tarjetas semanales y mensuales para una mayor frecuencia del servicio. En una línea similar, Worku (2013) analiza la disposición a pagar por mejores servicios de transporte público en los Emiratos Árabes Unidos. Los resultados sugieren que los residentes están dispuestos a pagar tarifas más altas por los buses públicos, siempre que mejore la calidad del servicio.

Otra manera de utilizar resultados de la disposición a pagar consiste en caracterizar la demanda de sistemas de transporte nuevos o ya existentes. Los resultados de múltiples estudios ponen de relieve la heterogeneidad de la disposición a pagar en diferentes personas, lo cual es clave para mejorar el diseño y la focalización de ciertas intervenciones en el transporte. Por ejemplo, en ciertos contextos, las mujeres parecen valorar más las vías express en comparación con los hombres (Senbil y Kitamura 2004). Las personas de ingresos más altos están dispuestas a pagar más

para reducir la duración del trayecto debido a su mayor costo de oportunidad (Markose *et al.*, 2007). Las personas que tienen más conciencia de los temas ambientales tienen más probabilidades de utilizar el transporte público (Carson 2000; Lee y Cheah 2014); y aquellas que tienen más hijos o son mayores ahorran en la duración del trayecto utilizando rutas más caras o cortas (Asensio y Matas, 2008).

Experimentos con subsidios para aumentar la demanda e incentivar la búsqueda de empleo

Para que el transporte sea más asequible se han adoptado subsidios para el transporte público urbano, tanto en los países desarrollados como en vías de desarrollo. Dado que esos subsidios normalmente incentivan el uso o el uso más frecuente de sistemas de transporte, también podrían facilitar el acceso a servicios y oportunidades económicas. Phillips (2014) estudia si los costos de transporte limitan las búsquedas de empleo en los mercados laborales urbanos de bajos salarios. El estudio proporcionó subsidios de transporte a clientes seleccionados al azar en una agencia de empleo sin fines de lucro en Washington, DC. Los subsidios generan un aumento grande y de corto plazo en la intensidad de búsqueda en el grupo de subsidio del transporte en relación con un grupo de control que recibe servicios normales de búsqueda de empleo, pero ningún subsidio del transporte. En las primeras dos semanas, las personas asignadas al grupo de subsidio del transporte postulan y acuden a entrevistas para un 19 por ciento más de empleos que aquellos que no reciben subsidios. Estos resultados proporcionan evidencia experimental en apoyo de la teoría de que los costos de búsqueda a lo largo del tiempo pueden deprimir la intensidad de la búsqueda de empleo, lo que contribuye a una pobreza urbana persistente en barrios distantes de las oportunidades de empleo. Franklin (2017) ha obtenido conclusiones similares estudiando el caso de jóvenes que buscan empleo y que viven lejos del centro de Adís Abeba, en Etiopía. El autor llega a la conclusión de que los costos de la búsqueda imponen limitaciones importantes para encontrar un empleo, dado que las personas tratadas experimentalmente aumentan la intensidad de la búsqueda de empleo y tienen más probabilidades de encontrar empleos buenos y permanentes.

5. Debates, implicaciones para las políticas y futuras vías de investigación

Este trabajo resume los conocimientos existentes provenientes de estudios causales que observan el impacto de los sistemas de transporte urbano. También se han abordado las intervenciones de restricción vehicular, dado su potencial para influir en

la demanda de sistemas de transporte de pasajeros. El estudio pone de relieve el número creciente de evaluaciones causales que han aparecido en este ámbito, probablemente siguiendo el importante crecimiento de las inversiones públicas y privadas en el sector como respuesta a la congestión, la contaminación y los problemas de seguridad del transporte en numerosas áreas urbanas en todo el mundo.

La literatura disponible muestra que los estudios se han concentrado en cierto tipo de intervenciones y que la mayoría se han llevado a cabo en los países desarrollados. La evidencia sobre los sistemas de BTR y los metros, así como sobre las restricciones vehiculares, es de las más desarrolladas. En cambio, todavía hay escasos estudios de intervenciones recientes como las empresas de redes de transporte, o sistemas de *ride-sharing*. Además, hay un gran potencial para llevar a cabo evaluaciones sobre intervenciones que pretenden mejorar la eficiencia operativa de los sistemas y las que buscan promover cambios en el comportamiento de los usuarios. El estudio también destaca que todavía hay pocos estudios causales en la región de ALC. Aquellos que se han identificado se concentran en evaluar las políticas de restricción vehicular y los sistemas de BTR. Desde un punto de vista de validez externa, crear más evidencia para la región es esencial para orientar las políticas públicas.

En términos de enfoques metodológicos, numerosos estudios en esta literatura, particularmente los más antiguos, adolecen de diversas limitaciones cuando abordan la causalidad. Múltiples estudios se basan en comparaciones antes y después sin tener en cuenta el escenario contrafactual. Otros han utilizado la distancia del sistema, pero las comparaciones transversales en el espacio no permiten controlar por características no observables clave que no varían en el tiempo. Un menor número de estudios utiliza métodos de diferencias en diferencias, pero varios trabajos carecen de un debate adecuado sobre la validez de los supuestos de tendencias paralelas que subyacen a este enfoque causal. En los últimos años, algunos estudios han avanzado hacia la combinación de técnicas de emparejamiento y de diferencias en diferencias para mitigar algunos de estos reparos. En otros casos, particularmente en lo que se refiere a los resultados ambientales que pueden cambiar rápidamente a lo largo del tiempo, las estrategias se han basado en diseños de regresión discontinua. Este tipo de análisis se encuentra en unos pocos casos que utilizan diseños experimentales, y esto probablemente se debe a las dificultades para aleatorizar muchos de los elementos de los sistemas de transporte. Más recientemente, unos pocos autores han propuesto el uso de modelos de equilibrio general cuantitativo dado los impactos previstos en el conjunto de la red y las dificultades para identificar grupos de tratamiento y control puros.

En relación con las principales lecciones aprendidas a propósito del impacto, el bus de tránsito rápido ha sido el más estudiado, si bien la evidencia ha sido diversa tanto en lo relativo a los precios como a los cambios en el uso de la tierra. Esto podría deberse a los diferentes métodos de evaluación utilizados y como han enfocado la causalidad (si la han enfocado). También podría responder al hecho de que puede que el mercado inmobiliario no perciba estos sistemas como permanentes, dado que se pueden mover o cambiar a lo largo del tiempo, y su calidad varía según los países y regiones. La literatura más reciente que ha abordado la causalidad sugiere que los sistemas de BTR podrían tener un impacto en el aumento de los valores inmobiliarios. En el caso del metro y del tren ligero, los resultados parecen ser más concluyentes, y sugieren efectos positivos en los valores inmobiliarios. La evidencia también indica que los metros pueden generar una expansión de los núcleos centrales de grandes ciudades reorganizando la actividad en las ciudades.

Todavía son pocos los estudios que exploran el impacto socioeconómico y los efectos de desplazamiento que surgen a partir de los sistemas de BTR y metro o tren ligero, posiblemente debido a limitaciones de datos, incluida la dificultad de seguir a los hogares a lo largo del tiempo y de seleccionar grupos de comparación creíbles. Las conclusiones en este ámbito son diversas, pero las que provienen de estudios causales recientes parecen indicar que, en la medida en que los beneficios de accesibilidad son grandes, estas inversiones podrían tener efectos en el empleo, tanto aumentando la probabilidad de conseguir un empleo como en el acceso a los empleos formales. Por último, en lo relativo a los resultados ambientales, los estudios llevados a cabo en este ámbito son probablemente los más rigurosos desde un punto de vista causal y señalan efectos ambientales positivos, particularmente reducciones de la contaminación.

En el caso de los teleféricos, aunque estos sistemas se están volviendo cada vez más populares en la región, la evidencia causal se limita al caso de Medellín (Metrocable) y La Paz (Mi Teleférico). Hay evidencia que señala que estos sistemas en realidad ahorran un tiempo importante en la duración del trayecto y, por lo tanto, tienen impactos en las decisiones de asignación de los tiempos y en los resultados del empleo. También parecen influir en el desarrollo de los barrios, particularmente de aquellos cuya accesibilidad ha aumentado, lo que sugiere impactos en la reducción de los delitos.

En relación con las restricciones vehiculares, la literatura existente sugiere que estas políticas pueden funcionar en emergencias de contaminación de corto plazo, pero que al utilizar las restricciones vehiculares como soluciones de largo plazo para la

contaminación y la congestión se debe tener en cuenta las respuestas en el comportamiento de los conductores. Los estudios de estos programas en Bogotá, Santiago, Sao Paulo y Quito han encontrado mejoras a corto plazo, pero resultados a largo plazo diversos o incluso desdeñables porque los conductores adoptan estrategias para burlar la restricción comprando un segundo vehículo, a veces altamente contaminante.

En el caso de las empresas de redes de transporte, que se utilizan cada vez más en las zonas urbanas, el único estudio causal disponible, en Estados Unidos, concluye que los servicios de *ride-sharing* tienen el potencial para reducir la propiedad de vehículos, cambiar el modo de tráfico de un solo ocupante al hábito de compartir los trayectos y retrasar los desplazamientos durante las horas pico, reduciendo así la congestión vehicular general en una zona urbana. La escasez de estudios en este ámbito de alto crecimiento señala la necesidad de desarrollar estudios que puedan evaluar el efecto causal de la entrada de estas empresas en un mercado.

Los estudios sobre la disposición a pagar se han llevado cabo durante muchos años y seguirán siendo pertinentes para orientar el diseño de nuevos servicios de transporte y para comprender más adecuadamente las respuestas de los viajeros en términos de su comportamiento. Los experimentos en este ámbito tienen que ser cuidadosamente diseñados para evitar cualquier sesgo en las respuestas. Las conclusiones muestran que las personas están dispuestas a pagar para reducir la duración del trayecto y para utilizar sistemas de transporte público bajo ciertas condiciones. La evidencia estudiada ofrece una visión del establecimiento de peajes, la mejora de los atributos de calidad de los servicios de bus y el diseño de información de transporte asequible, entre otros. Los resultados muestran que la valoración contingente se ve afectada por características personales, por el sistema y por el entorno de los usuarios. Por ejemplo, las personas están dispuestas a pagar tarifas más altas para utilizar buses públicos siempre que mejore la calidad del servicio. Por otro lado, las preocupaciones a propósito del medio ambiente, las experiencias anteriores con el transporte urbano y los problemas de lugares de aparcamiento insuficientes puede influir en la demanda de estos sistemas.

Los subsidios para el transporte público urbano se han adoptado tanto en los países desarrollados como en vías de desarrollo para que estos sistemas sean más asequibles, particularmente para la población de ingresos más bajos. Unos pocos estudios experimentales en este ámbito analizan si los costos de transporte limitan la búsqueda de empleo en los mercados laborales urbanos de bajos salarios y el acceso a empleos formales. Los resultados de los estudios en África y Estados Unidos

muestran que los subsidios del transporte pueden generar aumentos de la intensidad de la búsqueda de empleo y en la probabilidad de encontrar un empleo permanente.

Este estudio pone de relieve la extensa cartera de intervenciones en transporte urbano que se están implementando en todo el mundo para disminuir los problemas de movilidad. Los impactos medidos muestran que más allá de la reducción de la duración de los trayectos, que es lo que normalmente motiva estas intervenciones, hay importantes efectos socioeconómicos que deben ser cuantificados e incorporados en consideraciones de costo-beneficio. Algunos tipos de intervenciones parecen tener resultados más concluyentes, pero también es evidente que diferentes segmentos de la población en diferentes zonas, basándose en su ubicación geográfica, sus características socioeconómicas y otros factores, pueden beneficiarse de estas políticas de diversas maneras. Dado que los resultados podrían ser específicos del contexto, se requieren más estudios para construir una base sólida de evidencia que tenga validez externa y que pueda orientar adecuadamente el diseño y la implementación de futuros proyectos de transporte. Por último, aunque las inversiones en transporte humano tienen el potencial para promover la reducción de la pobreza y la inclusión social se requieren más políticas focalizadas para alcanzar plenamente este objetivo.

Desde una perspectiva analítica, este estudio confirma que hay amplio espacio para generar evidencia causal sobre el impacto de las inversiones en transporte urbano, no sólo en América Latina y el Caribe sino también en otros países en vías de desarrollo. Es importante reconocer que estas evaluaciones pueden tardar varios años antes de concluir, dado que tienen que seguir la planificación en el tiempo de la construcción y la implementación de los sistemas de transporte. Además, dado que estos sistemas no pueden localizarse al azar en el espacio, muchos de estos estudios seguirán dependiendo de diseños cuasiexperimentales. Estos dos aspectos probablemente han contribuido a reducir el interés de los investigadores en la exploración de este campo. Sin embargo, en la medida en que los estudios pueden presentar evidencia robusta para justificar sus supuestos causales subyacentes, podrán hacer importantes contribuciones. La agenda del conocimiento se desplaza cada vez más hacia el uso de fuentes de datos no tradicionales, como los datos generados por las llamadas de telefonía celular y aplicaciones, sensores digitales, cámaras e información de satélite, entre otros. Los datos administrativos de los operadores de transporte también podrían ser sumamente valiosos y no han sido utilizados con frecuencia en la evaluación causal. Estas nuevas fuentes de datos brindan la posibilidad de llevar a cabo evaluaciones retrospectivas y reducir la carga y los riesgos asociados con la recopilación de datos primarios. Además, ante la

presencia de datos de alta frecuencia y en la medida en que las intervenciones del transporte traen consigo importantes cambios de accesibilidad a grandes zonas, se podrían explorar nuevos enfoques metodológicos, como los métodos de control sintético. Además, los modelos de equilibrio general ofrecen la posibilidad de medir estructuralmente los efectos plenos e indirectos de las intervenciones en los sistemas de transporte en una red conectada. Las evaluaciones relacionadas con los componentes “blandos”, como las tarifas óptimas y los subsidios, así como otros incentivos para aumentar la demanda, son otro campo de análisis prometedor. Estos estudios se podrían emprender utilizando diseños experimentales y podrían aportar resultados a corto plazo que permitiría a los operadores mejorar sus servicios. Por último, dada la amplia variación en la calidad y fiabilidad de los servicios, se requiere abundante investigación sobre el impacto de la calidad del servicio en aspectos como el número de viajeros, el empleo y la contaminación.

Referencias

- Abu-Qarn A, Lichtman-Sadot S (2019) The trade-off between work and investment in higher education: evidence from the introduction of public transportation to Arab communities in Israel. Unpublished.
http://conference.iza.org/conference_files/worldbank_2019/lichtman-sadot_s28071.pdf Accessed August 21 2019.
- Ahlfeldt G M, Redding S J, Sturm D M, Wolf N (2015) The economics of density: Evidence from the Berlin Wall. *Econometrica* 83(6):2127–2189.
- Ardila-Gomez A (2012) Public transport in Latin America: View from the World Bank. April 6. <http://www.brt.cl/wp-content/uploads/2012/06/AAG-Public-Transport-in-Latin-America-a-view-from-the-World-Bank.pdf>.
- Asahi, K (2016) Better urban transport improves labour market outcomes: evidence from a Subway expansion in Chile. Unpublished.
<https://ssrn.com/abstract=2781807> Accessed August 21 2019.
- Asensio J, Matas A (2008) Commuters' valuation of travel time variability. *Transportation Research Part E* 44(6):1074–1085.
- Atack J, Haines M R, Margo R A (2008) Railroads and the rise of the factory: Evidence for the United States, 1850-70. NBER Working Paper No. 14410. National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.
- Baum-Snow N, Kahn M E (2000) The effects of new public projects to expand urban rail transit. *Journal of Public Economics* 77:241–263.
- Beckx C, Arentze T, Int Panis L, Janssens D, Vankerkom J, Wets G (2009) An integrated activity-based modelling framework to assess vehicle emissions: Approach and application. *Environment and Planning B: Planning and Design* 36(6):1086–1102.
- Bel G, Holst M (2018) Evaluation of the impact of bus rapid transit on air pollution in Mexico City. *Transport Policy* 63:209–220.
- Billings S B (2011) Estimating the value of a new transit option. *Regional Science and Urban Economics* 41:525–536.

- Blackman A, Li Z, Liu A (2018) Efficacy of command-and-control and market-based environmental regulation in developing countries. *Annual Review of Resource Economics* 10: 381-404.
- Blackman A, Alpízar F, Carlsson F, Rivera-Planter M (2018) A contingent valuation approach to estimating regulatory costs: Mexico's Day Without Driving Program. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists* 5(3):607–641.
- Boarnet M (2007) Conducting impact evaluations in urban transport. Poverty Reduction and Economic Management Doing Impact Evaluation Series No. 5. World Bank, Washington DC.
- Bocarejo J P, Oviedo D R (2012). Transport accessibility and social inequities: a tool for identification of mobility needs and evaluation of transport investments. *Journal of Transport Geography* 24:142–154.
- Bocarejo J P, Portilla I, Meléndez D (2015) Social fragmentation as a consequence of implementing a Bus Rapid Transit system in the city of Bogotá. *Urban Studies* 53(8):1617–1634.
- Bocarejo J P, Portilla I, Velásquez J M, Cruz M N, Peña A, Oviedo D R (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.
- Bonilla J A (2016) The more stringent, the better? Rationing car use in Bogota with moderate and drastic restrictions. Policy Research Working Paper No. 7846. World Bank, Washington, DC.
- Brand P, Dávila J D (2011) Mobility innovation at the urban margins: Medellín's Metrocables. *City* 15(6):647–661.
- Brownstone D, Ghosh A, Golob T, Kazimi C, Amelsfort D V (2003) Driver's willingness-to-pay to reduce travel time: Evidence from the San Diego I-15 Congestion Pricing Project. *Transportation Research Part A – Policy and Practice* 37(4):373–387.
- CAF (2010). Observatorio de Movilidad Urbana para América Latina. Corporación Andina de Fomento. <http://publicaciones.caf.com/media/1130/0.pdf>. Accessed 30 July 2018.

- Calfee J, Winston C (1998) The value of automobile travel time: implications for congestion policy. *Journal of Public Economics* 69:83–102
- Canavire-Bacarreza G, Duque J C, Urrego J (2016) Moving citizens and deterring criminals: Innovation in public transport facilities. CAF Working Paper No. 2016/15.
- Carrillo P E, Malik A S, Yoo Y (2016) Driving restrictions that work? Quito's Pico y Placa Program. *Canadian Journal of Economics* 49(4):1536–1568.
- Carruthers R, Dick M, Saurkar A (2005) Affordability of public transport in developing countries. World Bank, Washington, DC.
- Carson R T (2000). Contingent valuation: A user's guide. *Environmental Science & Technology* 34(8):1413–1418.
- Cerdá M, Morenoff J, Hansen B, Tessari Hicks K J, Duque L, Restrepo A, Diez-Roux A (2012) Reducing violence by transforming neighborhoods: A natural experiment in Medellín, Colombia. *American Journal of Epidemiology* 175(10):1045–1053.
- Cervero R (2000) Informal transport in the developing world. United Nations Centre for Human Settlements (Habitat), Nairobi.
- Cervero R, Kang C D (2011). Bus rapid transit impacts on land uses and land values in Seoul, Korea. *Transport Policy* 18(1):102–116.
- Cervero R, Landis J (1997) Twenty years of the Bay Area Rapid Transit System: Land use and development impacts. *Transportation Research – A* 31(4) 309–333
- Chen Y, Whalley A (2012) Green infrastructure: The effects of urban rail transit on air quality. *American Economic Journal: Economic Policy* 4(1) 58–97
- Cortes R, Lopera M A, Mitnik O, Yañez-Pagans P (2017) Impact evaluation in transport. Inter-American Development Bank, Washington, DC.
- Dale S (2010) The compelling case for the cable car. *New Geography* (February 14). <http://www.newgeography.com/content/001405-the-compelling-case-for-the-cable-car>. Accessed 31 July 2018.

- Dávila J D, Daste D (2012) Medellín's aerial cable cars: Social inclusion and reduced emissions. UNEP-IPSRM Cities, Decoupling and Urban Infrastructure.
- Davis L W (2008) The effect of driving restrictions on air quality in Mexico City. *Journal of Political Economy* 116(1):38–81.
- Davis L W (2017). Saturday driving restrictions fail to improve air quality in Mexico City. *ScientificReports* 7(41652).
<http://www.thenewspaper.com/rlc/docs/2017/mexicoair.pdf>.
- Debrezion G, Pels E, Rietveld P (2007). The impact of railway stations on residential and commercial property value: a meta-analysis. *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 35(2):161–180.
- De la Torre A, Fajnzylber P, Nash J (2009) Low carbon, high growth: Latin American responses to climate change – An overview. World Bank, Washington, DC.
- Delmelle E C, 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.
- Domencich T A, McFadden D (1975) Urban travel demand: A behavioral analysis. Charles River Associates Research Study. North-Holland, American Elsevier, Amsterdam.
- Dorna G, Ruffo H (2017) Evaluación de impacto del proyecto de mejora integral del Ferrocarril Gral. Roca, Ramal Plaza Constitución – La Plata. Unpublished.
- Duchéne C (2011) Gender and transport. International Transport Forum on Transport Society, Leipzig, Germany.
- Dutta, U, Henze J (2015) Economic impacts of bus rapid transit in Southeast Michigan. Mineta Transportation Institute Publications.
- Eskeland G S, Feyzioglu T (1997) Rationing can backfire: The “Day Without a Car” in Mexico City. *The World Bank Economic Review* 11(3):383–408.
- Estupiñan N, Scorcia H, Navas C, Zegras C, Rodriguez D, Vergel-Tovar E, Gakenheimer R, Azán Otero S, Vasconcellos E (2018) *Transporte y desarrollo en América Latina* 1(1). Banco de Desarrollo de América Latina

and CAF. <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1186>. Accessed 1 August 2018.

Fay M, Andres L A, Fox C, Narloch U, Slawson M (2017) *Rethinking infrastructure in Latin America and the Caribbean: Spending better to achieve more*. World Bank, Washington, DC.

Florian M, Gaudry M, Lardinois C (1988) A two-dimensional framework for the understanding of transportation planning models. *Transportation Research B*, 22B: 411-419.

Fox C (2018) *Data science for transport: A self-study guide with computer exercises*. Springer.

Franklin S (2017) Location, search costs and youth unemployment: Experimental evidence from transport subsidies. *The Economic Journal*. doi:[10.1111/ecoj.12509](https://doi.org/10.1111/ecoj.12509).

Gallego F, Montero J P, Salas C (2013) The effect of transport policies on car use: Evidence from Latin American cities. *Journal of Public Economics* 107:47–62.

Gibbons S, Machin S (2004) Valuing rail access using transport innovations. Centre for Economic Performance. London School of Economics and Political Science.

Goel D, Gupta S (2015) The effect of Metro expansions on air pollution in Delhi. Policy Research Working Paper 7448. World Bank, Washington, DC.

Gonzalez-Navarro M, Turner M (2018) Subways and urban growth: Evidence from earth. Unpublished. https://www.brown.edu/Departments/Economics/Faculty/Matthew_Turner/papers/unpublished/GonzalezNavarro_Turner_unp_2018.pdf Accessed August 21 2019.

Goodship P (2015) The impact of an urban cable-car transport system on the spatial configuration of an informal settlement. Proceedings of the 10th International Space Syntax Symposium.

Green J, Sánchez S (2013) Air quality in Latin America: An overview. Clean Air Institute. <http://thecleanairinstitute.org/calidaddelaireamericalatina/cai-report-english.pdf>. Accessed August 1 2018.

- GTZ Sector Project Transport Policy Advisory Service (2007) Gender and urban transport: Smart and affordable. Eschborn, Germany.
- Guthrie A, Fan Y (2016). Economic development impacts of bus rapid transit. Center for Transportation Studies, University of Minnesota. Retrieved from the University of Minnesota Digital Conservancy. <https://conservancy.umn.edu/handle/11299/178988>. Accessed 31 July 2018.
- Harris C, Ullman E (1945). The nature of cities. *The Annals of the American Academy of Political and Social Science* 242:7–17.
- Hatzopoulou M, Miller E J (2010) Linking an activity-based travel demand model with traffic emission and dispersion models: Transport's contribution to air pollution in Toronto. *Transportation Research Part D* 15:315–325
- Heinrichs, D, Bernet J S (2014) Public transport and accessibility in informal settlements: Aerial cable cars in Medellin, Colombia. *Transportation Research Procedia* 4:55–67.
- Hidalgo, D, Velásquez J M (2015) Mobility solutions for marginalized communities: The urban cable car. The city fix. World Resources Institute. <http://thecityfix.com/blog/aerial-cable-cars-mobility-solutions-marginalized-communities-equity-dario-hidalgo-juan-miguel-velasquez/>. Accessed 31 July 2018.
- Holzer H J, Quigley J M, Raphael S (2003) Public transit and the spatial distribution of minority employment: Evidence from a natural experiment. *Journal of Policy Analysis and Management* 22(3):415–441
- Hoyt H (1939). The structure and growth of residential neighborhoods in American cities. U.S. Federal Housing Administration, Washington, DC.
- ILO (2017) World Employment and Social Outlook: Trends for women 2017. International Labour Office, Geneva.
- Infralatam (2018) Transport. <http://en.infralatam.info/dataviews/227373/transport/>. Accessed 15 April 2018.
- Inter-American Development Bank (IDB) (2013) Comparative case studies: IDB-supported urban transport projects. Office of Evaluation and Oversight Approach Paper. IDB, Washington, DC.

- Isard W (1956) *Location and space-economy: A general theory relating to industrial location, market areas, land use, trade, and urban structure*. Technology Press of Massachusetts Institute of Technology, Boston, and Wiley, New York.
- Kain J F (1968) Housing segregation, Negro employment, and metropolitan decentralization. *Quarterly Journal of Economics* 82(2):175–197.
- Kalthier R (2002) Urban transport and poverty in developing countries: Analysis and options for transport policy and planning. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn, Germany.
- Kenworthy J, Newman P, McIntosh J, Trubka R (2016) Framework for land value capture from the investment in transit in car dependent cities.
- Khattak A, Yim Y, Stalker Prokopy L (2003) Willingness to pay for travel information. *Transportation Research Part C* 11: 137-159
- Knight R L, Trygg L L (1977) Evidence of land use impacts of rapid transit systems. *Transportation* 6: 231–247.
- Lam T C, Small K A (2001) The value of time and reliability: measurement from a value pricing experiment. *Transportation Research – Part E* 37:213–251.
- Lee L Y, Cheah Y K (2014) Willingness-to-pay for monorail services: Case study in Penang, Malaysia. *Pertanika Journal of Social Sciences & Humanities* 22(1).
- Levinson D, Kumar A (1995) A multi-modal trip distribution model. *Transportation Research Record* 1466:124–131.
- Li Z, Hong Y, Zhang Z (2017) An empirical analysis of on-demand ride sharing and traffic congestion. Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences.
- Loukaitou-Sideris A (2008) How safe is the ride? Evaluation of design and policy responses to women’s fear of victimization and crime. University of California Transportation Center.
- Manheim M.L. (1979) *Fundamentals of Transportation Systems Analysis*, MIT Press, Cambridge, MA.

- Markose S, Alentorn A, Koesrindartoto D, Allen P, Blythe, P, Grosso S (2007) Smart market for passenger road transport (SMPRT) congestion: An application of computational mechanism design. *Journal of Economic Dynamic & Control* 31(6):2001–2032.
- Martinez S, Sanchez R, Yañez-Pagans P (2018a) Getting a Lift: The Impacts of Aerial Cable Cars in La Paz, Bolivia. Inter-American Development Bank. Working Paper IDB-WP-00956.
- Martinez D, Mitnik O, Salgado E, Scholl L, Yañez-Pagans P (*forthcoming*) Connecting to Economic Opportunity: the Role of Public Transport in Promoting Women’s Employment in Lima. *Journal of Economics, Race, and Policy*.
- Medda F (2012). Land value capture finance for transport accessibility: A review. *Journal of Transport Geography* 25:154–161.
- Mendieta J C, Perdomo J A (2007) Especificación y estimación de un modelo de precios hedónico espacial para evaluar el impacto de Transmilenio sobre el valor de la propiedad en Bogotá. Documentos CEDE.
- Miller H J, Shih-Lung S (2001). *Geographic information systems for transportation*. Oxford University Press, New York.
- Molin, E, Timmermans H (2006) Traveler expectations and willingness-to-pay for Web-enabled public transport information services. *Transportation Research Part C - Emerging Technologies* 14(2):57–67.
- Mullins, J A, Washington E, Stokes R W (1990) Land use impacts of the Houston transitway system. *Transportation Research Record* 1237:29–38.
- Munoz-Raskin R (2010) Walking accessibility to bus rapid transit: Does it affect property values? The case of Bogotá, Colombia. *Transport Policy* 17(2):72–84.
- O’Callaghan E (2016). Transit concerns in Bogotá: Is bus rapid transit a victim of its own success? Sustainable Transportation Lab. University of Washington. <https://faculty.washington.edu/dwhm/2016/02/18/transit-concerns-in-bogota-is-bus-rapid-transit-a-victim-of-its-own-success/>. Accessed 30 July 2018.
- Osmond J, Woodcock A (2015) Are our streets safe enough for female users? How everyday harassment affects mobility. In: *Contemporary Ergonomics and*

Human Factors 2015: Proceedings of the International Conference on Ergonomics & Human Factors. Taylor & Francis, London.

Oviedo-Dávila N M (2017) Does proximity to massive transport systems reduce the probability of being informally employed? Evidence from Bogotá. Department of Geography and Environment. London School of Economics and Political Science. Unpublished.

Park R E, Burgess E W (1925) *The growth of the city: An introduction to a research project*. Chicago: University of Chicago Press.

Patacchini E, Zenou Y (2005) Spatial mismatch, transport mode, and search decisions in England. *Journal of Urban Economics* 58:62–90.

Pazos E (2016) The importance of public transport in Latin America. *Intelligent Transport* (3 May). <https://www.intelligenttransport.com/transport-articles/19098/importance-public-transport-latin-america/>.

Perdomo J A (2011) A methodological proposal to estimate changes of residential property value: case study developed in Bogotá. *Applied Economics Letters* 18:1577–1581.

Perez P, Martinez F, Ortuzar J (2003). Microeconomic formulation and estimation of a residential location choice model: implications for the value of time. *Journal of Regional Science* 43 (4):771–789.

Phillips D C (2014) Getting to work: experimental evidence on job search and transportation costs. *Labour Economics* 29:72–82.

Rayle L, Shaheen S, Chan N, Dai D, Cervero R (2014) App-based, on-demand ride services: Comparing taxi and ridesourcing trips and user characteristics in San Francisco. University of California Transportation Center Working Paper.

Rodrigue J P, Comtois C, Slack B (2017) *The geography of transport systems. Fourth edition*. Routledge, New York.

Rodríguez D A, Mojica C H (2009) Capitalization of BRT network expansions effects into prices of non-expansion areas. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 43(5):560–571.

- Rodriguez, D A, Targa F (2004). Value of accesibility to Bogotá's bus rapid transit system. *Transport Reviews* 24 (5):587–610.
- Rodriguez E (1991) Los movimientos cotidianos de población por motivos laborales en las pequeñas ciudades de Servicio. El caso de Ciudad Real. *Cuadernos Estudios Manchegos* 21:151–168.
- Roldán J S V, Zapata J C A (2013) El sistema Metrocable Línea K y su impacto en la calidad de vida de la población de la comuna uno en la ciudad de Medellín: Análisis de percepción entre los años 2004–2008. *Revista Movimientos Sociais e Dinâmicas Espaciais*2(1):74–94.
- Sanchez T W (1999) The connection between public transit and employment: The case of Portland and Atlanta. *Journal of the American Planning Association* 65:284–296.
- Sanchez T W, Shen Q, Peng Z R (2004) Transit mobility, jobs access and low-income labour participation in us metropolitan areas. *Urban Studies* 41(7):1313–1331.
- Scholl L, Martinez D, Mitnik O, Oviedo D, Yañez-Pagans P (2018) A Rapid Road to Employment?: The Impacts of a Bus Rapid Transit System in Lima. Inter-American Development Bank. Working Paper IDB-WP-00980.
- Schwartz M, Wilson E (2006) Who can afford to live in a home? A look at data from the 2006 American Community Survey. US Census Bureau. <https://www.census.gov/housing/census/publications/who-can-afford.pdf>. Accessed 31 July 2018.
- Senbil M, Kitamura R (2004) Willingness-to-pay for expressways. International Conference on Experiments in Economic Science: New Approach to Solving Real World Problems. Okayama and Tokyo. [http://www.cc.kyoto-su.ac.jp/project/orc/execo/EES2004/EES/EES_33\(abst\).pdf](http://www.cc.kyoto-su.ac.jp/project/orc/execo/EES2004/EES/EES_33(abst).pdf). Accessed 31 July 2018.
- Shiftan Y (2000) The advantage of activity-based modelling for air-quality purposes: Theory vs practice and future needs. *Innovation* 13(1):95–110.
- Simicevic J, Milosavljevic N, Djoric V (2016) Gender differences in travel behaviour and willingness to adopt sustainable behaviour. *Transportation Planning and Technology* 39(5):527–537.

- Stackelberg H V (2011) *Marktform und gleichgewicht (Market structure and equilibrium)*. Springer, Berlin.
- Stokenberga A (2014) Does bus rapid transit influence urban land development and property values: A review of the literature. *Transport Reviews* 34(3):276–296
- Suárez-Alemán A, Serebrinsky T (2017) ¿Los teleféricos como alternativa de transporte urbano? Ahorros de tempos em el sistema de teleférico urbano más grande del mundo: La Paz – El Alto. Inter-American Development Bank, Washington, DC.
- The Economist (2017) Subways in the sky: Why Latin America is seeing a cable-car boom. The Americas. <https://www.economist.com/the-americas/2017/10/26/why-latin-america-is-seeing-a-cable-car-boom>. Accessed 31 July 2018.
- Tobler W (1979) *Cellular geography. Philosophy in geography*. Springer.
- TomTom (2017) Traffic index: Measuring congestion worldwide. https://www.tomtom.com/en_gb/trafficindex/.
- Troncoso R, de Grange L, Cifuentes L A (2012). Effects of environmental alerts and pre-emergencies on pollutant concentrations in Santiago, Chile. *Atmospheric Environment* 61:550–557.
- Tsivanidis N. (2018) The aggregate and distributional effects of urban transit infrastructure: Evidence of Bogotá’s TransMilenio. University of Chicago Booth School of Business Job Market Paper. Unpublished.
- Tyndall J (2017) Waiting for the R train: Public transportation and employment. *Urban Studies* 54(2):520–537.
- UITP (2015) World metro figures, statistics brief. International Association of Public Transport.
- UN-Habitat (2012) The state of Latin American and Caribbean cities 2012: Towards a new urban transition. United Nations Human Settlements Programme, Nairobi.
- United Nations (2011) World urbanization prospects: The 2011 revision. United Nations, Department of Economic and Social Affairs.

- United Nations Environment Programme (2016) Movilidad eléctrica: Oportunidades para Latinoamérica.
http://www.pnuma.org/cambio_climatico/publicaciones/informe_movilidad_electrica.pdf.
- Vasconcellos E A (2001) *Urban transport, environment and equity. The case for developing countries*. Earthscan, London.
- Vasconcellos E A, Mendonça A (2016) CAF Observatorio de Movilidad Urbana: Informe 2015-2016. Banco de Desarrollo para América Latina.
<http://scioteca.caf.com/>.
- Vassallo Magro J .M (2015). Asociación Público Privada en América Latina. Aprendiendo de la experiencia. Corporación Andina de Fomento.
- Venter C, Jennings G, Hidalgo D, Valderrama Pineda A F (2018) The equity impacts of bus rapid transit: A review of the evidence and implications for sustainable transport. *International Journal of Sustainable Transportation* 12(2):140–152.
- Vuchic V R (2002) Bus semirapid transit mode development and evaluation. *Journal of Public Transportation* 5(2):71–95.
- Wardman M (2001) A review of British evidence on time and service quality valuations. *Transportation Research – Part E* 37:91–106.
- Wardrop J G, Whitehead J I (1952) Road paper: Some theoretical aspects of road traffic research. *ICE Proceedings of the Institution of Civil Engineers* 1(3):325-362.
- Waze (2016) Driver satisfaction index. <https://inbox-static.waze.com/driverindex.pdf>.
- Worku G B (2013) Demand for improved public transport services in the UAE: A contingent valuation study in Dubai. *International Journal of Business and Management* 8(10):108–125.
- World Health Organization (WHO) (2017) Global ambient air pollution.
<http://maps.who.int/airpollution/>.
- WRI Brazil Ross Center for Sustainable Cities (2018) Global BRT data. World Resources Institute BRTData Project. <https://brtdata.org/>.

Zhang W, Lawell C Y C L, Umanskaya V I (2017) The effects of license plate-based driving restrictions on air quality: Theory and empirical evidence. *Journal of Environmental Economics and Management* 82:181–220.

Notas

¹ Esta tendencia surge ante el éxito inicial de los sistemas de buses de tránsito rápido en Curitiba, Brasil y Bogotá, Colombia. Curitiba, Brasil fue la primera ciudad en desarrollar un sistema de BTR en 1977. Basado en el modelo de Curitiba, Bogotá, Colombia construyó su primera línea de BTR en el año 2000, incorporando innovaciones tecnológicas que la llevaron a alcanzar una capacidad y velocidad mayor a las registradas en los sistemas del resto del mundo.

² Una zona de análisis de tráfico es la unidad geográfica más habitualmente utilizada en los modelos de planificación del transporte convencional. El tamaño de una zona varía, pero normalmente abarca zonas que son lo más homogéneas posible en términos de sus características de transporte y, en general, tienen menos de 3000 personas. Por lo tanto, el tamaño de la zona de análisis de tráfico podría variar de áreas muy grandes en los suburbios a espacios tan pequeños como la manzana de una ciudad en los distritos comerciales centrales. Normalmente, las zonas de análisis de tráfico se construyen basándose en información del censo a nivel de manzanas con más frecuencia, la información crucial incluye el número de vehículos por hogar, el ingreso de los hogares y el empleo en esas zonas. Esta información contribuye a entender más adecuadamente los viajes producidos y atraídos dentro de y entre zonas de análisis de tráfico (Miller y Shiu-Lung 2001).

³ Esta sección resume el material presentado en Rodríguez *et al.* (2017).

⁴ A menudo pueden transportar igual número de pasajeros dado que los sistemas de tren ligero convencional con una fracción del costo pueden compararse bien con sistemas de ferrocarril pesado, excepto cuando la demanda supera los 50.000 pasajeros por hora y por dirección (Rodríguez y Mojica 2009).

⁵ Algunos estudios, utilizando diseños transversales y funciones de precio hedónicas, llegan a la conclusión de que las propiedades que se encuentran más cerca del corredor de bus de tránsito rápido tienen valores más altos (ver Rodríguez y Targa, 2004, Mendieta y Perdomo, 2007 y Muñoz-Raskin, 2010, para Bogotá; y Cervero y Kang, 2011, para Seúl, Corea del Sur). Además, los efectos parecen ser mayores para las propiedades no residenciales cercanas a las paradas del bus de tránsito rápido (Cervero y Kang 2011). Sin embargo, estos estudios no tienen en cuenta que ya podrían haber existido diferencias en los precios entre zonas que se encuentran más cerca y más lejos de las estaciones de bus de tránsito rápido incluso antes de que el sistema fuera inaugurado, por lo cual la atribución se hacía difícil.

⁶ Por ejemplo, Knight y Trygg (1977) llegaron a la conclusión de que los carriles exclusivos de bus en varias ciudades de América del Norte no tenían un impacto en el desarrollo residencial ni comercial, mientras que Mullins *et al.* (1990), utilizando una comparación antes y después, observaron que el sistema de bus de tránsito rápido en Ottawa, Canadá, tenía algún efecto en el desarrollo inmobiliario en zonas cercanas a las estaciones. Cervero y Kang (2001) utilizan la distancia del sistema de bus de tránsito rápido en un marco de regresiones con controles para llegar a la conclusión de que las mejoras del bus de tránsito rápido en Seúl llevaron a los propietarios a convertir residencias familiares en apartamentos y condominios de mayor densidad.

⁷ Los cambios en el uso de la tierra tienen un indicador aproximado en la vivienda, las zonas comerciales y de construcción de oficinas.

⁸ Los estudios son en su mayoría no causales y se pueden clasificar en tres grupos. El primer grupo se centra en predecir cambios en el acceso a las oportunidades de empleo a partir de los sistemas de autobús de tránsito rápido en términos de la facilidad del acceso a los empleos (Dutta y Henze 2015; Jaramillo *et al.* 2012; Delmelle y Casas 2012; Bocarejo y Oviedo 2012; Bocarejo, Portilla y Meléndez 2016). El segundo grupo estima empíricamente los efectos en el empleo basándose en estudios correlacionales para mostrar que la proximidad a una parada de bus o metro, o la frecuencia del servicio de transporte, está correlacionada con niveles más bajos de desempleo (ver Sánchez, 1999; y Sánchez *et al.*, 2004 para Estados Unidos; y Oviedo-Dávila, 2017, para Bogotá). El tercer grupo utiliza un enfoque antes y después para mostrar que el crecimiento es mayor cerca de las estaciones del centro de los corredores de buses de tránsito rápido, particularmente para los trabajadores de cuello blanco y los empleos con altos salarios (Guthrie, 2016).

⁹ Siguiendo las metodologías no causales, el funicular de Medellín (Metrocable) ha sido el más estudiado en la literatura. La evidencia sobre este sistema sugiere que está correlacionado con mejoras en la integración urbana y la modernización de barrios (Brand y Dávila 2011; Goodship 2015), la

accesibilidad y una mejor seguridad ciudadana, particularmente para las mujeres (Heinrichs y Bernet 2014), una mejor calidad de vida (Roldán y Zapata, 2013), más oportunidades de empleo para los pobres (Bocarejo et al., 2014) y reducción de emisiones (Dávila y Daste, 2012).

¹⁰ El más conocido de estos programas en ALC es “Hoy No Circula”, que comenzó en 1989 en Ciudad de México para disminuir la contaminación en el área metropolitana. En Santiago de Chile se introdujo una restricción basada en la matrícula en 1986 para vehículos que carecían de convertidores catalíticos, y más tarde se amplió a todos los vehículos. En Sao Paulo, Brasil, se comenzó a restringir la circulación en 1996 siguiendo la iniciativa de ciudad de México, y lo mismo hizo Bogotá, Colombia, en 1998, aunque fundamentalmente para aliviar la congestión del tráfico. Otras ciudades en Colombia siguieron el ejemplo de la capital, entre ellas Cali, Cartagena y Medellín, como también lo hicieron otras ciudades como San José (Costa Rica), Quito (Ecuador) y La Paz (Bolivia).

¹¹ Una de las maneras en que la restricción ha mostrado un efecto no intencionado en el mercado de coche de segunda mano es la inclusión de los números de las matrículas en toda la publicidad, de modo que los hogares puedan escoger un coche con una matrícula sujeta a la restricción un día diferente de la semana.