

¿Cuándo compro un automóvil compro la calle? Una visión de la distribución del espacio vial desde la justicia en el transporte

Luis A. Guzmán

la.guzman@uniandes.edu.co

Victor Cantillo-García

va.cantillo@uniandes.edu.co

Daniel Oviedo

d.oviedo.11@ucl.ac.uk

Julian Arellana

jarellana@uninorte.edu.co

Documento de trabajo

Working paper



Octubre 2021

RESUMEN

En ciudades densas, el suelo disponible por habitante es menor. Allí, es más perjudicial el uso de transporte individual (motorizado) como modo de transporte principal. En estas áreas urbanas, el impacto del vehículo privado en el uso del espacio es inequitativo y su efecto en la justicia en el transporte es peor. Una distribución desbalanceada del espacio vial en ciudades densas implica desafíos importantes para una movilidad sostenible. Este estudio explora las relaciones entre el uso de los diferentes modos de transporte, la distribución del espacio vial y sus costos promedio de construcción. Basados en principios de justicia y equidad, el artículo discute una distribución justa del espacio vial en Bogotá, en donde las desigualdades son evidentes. Se encontró un desequilibrio en la priorización y distribución del espacio vial para grupos específicos, ya que hay una preferencia en el espacio dedicado a vehículos motorizados. Los hallazgos proveen evidencia empírica para sustentar el diseño de políticas y los procesos de decisión asociados a inversiones públicas en espacio urbano y su distribución en la práctica.

Palabras clave: espacio vial; transporte urbano; justicia en el transporte; transporte sostenible; Bogotá.

Este documento es una versión adaptada de un artículo original publicado en Transportation Research Part D: Transport and Environment.

Cómo citar: Guzman, L.A., Oviedo, D., Arellana, J., Cantillo-García, V., 2021. Buying a car and the street: Transport justice and urban space distribution. *Transp. Res. Part D Transp. Environ.* 95, 102860. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102860>

1. INTRODUCCIÓN

Este estudio aborda la distribución del espacio vial urbano en Bogotá, caracterizada por altos niveles de congestión. Se propone un enfoque cuantitativo y análisis espacial para ilustrar y desagregar las implicaciones de potenciales inequidades en la distribución del espacio público dedicado a la movilidad. Esta investigación contribuye al debate crítico sobre accesibilidad e inclusión a oportunidades y espacios públicos adecuados, reflejando los principales hitos de acuerdos globales como la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (Caprotti and Yu, 2017). Las contribuciones de este estudio proveen evidencia empírica en desequilibrios medibles en la cantidad y uso del espacio dedicado a las principales formas de movilidad urbana en Bogotá.

Se adoptó un marco de justicia en el transporte, cuestionando los enfoques tradicionales de distribución de inversiones asociadas a la movilidad urbana. La definición propuesta de justicia en el transporte se sustenta en la noción de Gössling (2016), donde se considera como un constructo multidimensional en el cual la distribución de espacio es una de las tres dimensiones clave que tienen un rol determinante en la distribución justa de la accesibilidad (Martens, 2017). El costo de la infraestructura dedicada a la movilidad es esencial en el marco de justicia en el transporte ya que su desarrollo es una actividad intensiva en capital. El desarrollo de sistemas de transporte a largo plazo con planes financieros eficientes, es esencial para el bienestar de los ciudadanos (Kennedy et al., 2005). Entonces, se proveerá evidencia que demuestra que el recaudo esperado de los impuestos asociados a la propiedad de vehículo privado en el periodo 2017-2019 del presupuesto distrital de Bogotá, corresponde tan solo a una pequeña porción de los costos de infraestructura necesarios para acomodar autos y motos.

La movilidad sostenible y la justicia en el transporte deben ser apoyados por el estado y la sociedad. Una distribución justa del espacio urbano es un desafío significativo para las autoridades y planificadores urbanos. Las asimetrías estructurales en el uso y disfrute de estos espacios puede generar desigualdades en los derechos y libertades de quienes lo usan (Martens et al., 2012). De hecho, hay una asimetría inherente construida a lo largo del siglo XX, la cual se ha hecho más visible gracias al nuevo paradigma de movilidad (Banister, 2008). Dichas asimetrías resaltan la importancia de analizar la distribución de beneficios y

costos relacionados con el transporte urbano y determinar cómo el espacio urbano se distribuye a través de los diferentes usuarios, profundizando o aliviando las injusticias de transporte.

El principal objetivo de este estudio es resaltar la distribución del espacio vial en una ciudad densa, operacionalizando la justicia en el transporte a través de un enfoque espacial. Se reconoce la diferencia estructural entre ciudades como Bogotá y aquellas en países desarrollados, enriqueciendo la discusión sobre distribución de espacio vial y justicia en el transporte. Un transporte justo, o una distribución justa del espacio vial, requiere un sistema de movilidad que ofrezca un acceso a oportunidades y al espacio público de manera equitativa. En la investigación se propone una metodología basada en datos para la clasificación del espacio vial usando algoritmos de *machine learning*. De esta manera, se clasifica el espacio vial en andenes, ciclorrutas, corredores exclusivos de transporte masivo (TransMilenio, el BRT de Bogotá) y calles para el tráfico mixto. Se usan sistemas de información geográfica (SIG) para crear mapas que incluyen cerca de 103,000 segmentos que dividen de manera precisa el espacio vial de Bogotá, a partir de información pública disponible. El estudio contribuye al entendimiento de desigualdades espaciales en el transporte a escala urbana, proponiendo un enfoque novedoso en debates de infraestructura y espacio urbano a nivel local y regional, los cuales no suelen ser abordados desde una perspectiva distribucional.

2. LA DISTRIBUCIÓN DEL ESPACIO VIAL COMO INSUMO DE LA JUSTICIA EN EL TRANSPORTE

La teoría de justicia y equidad es un debate controvertido que aborda aspectos filosóficos, sociológicos y políticos (Pereira et al., 2017). Los principios de justicia urbana se sustentan en nociones como “el derecho a la ciudad” propuesta por Lefebvre (1996) y en la justicia espacial (Soja, 2010). El concepto refleja preocupaciones sobre cómo se usa el espacio urbano y cómo se toman las decisiones sobre su diseño, en línea con la definición de justicia distributiva de Fraser (1998). La justicia urbana también responde a la petición de Fainstein (2014) de diseñar ciudades que permitan una justicia social para todos, más allá de priorizar el crecimiento económico. Rawls (1999), quizás uno de los más influyentes académicos en

temas de justicia, sugiere que el acceso a todos los recursos debe ser distribuido de manera equitativa a todas las personas.

La noción de justicia en el transporte ha sido construida en base a estos fundamentos y cuestiona los efectos distributivos en la provisión de transporte y las disparidades asociadas en sus impactos en diferentes grupos sociales (Jones and Lucas, 2012). Asequibilidad, accesibilidad y movilidad son reconocidas como dimensiones críticas en la justicia en el transporte (Martens and Hurvitz, 2011). Sin embargo, su interdependencia a menudo puede llevar a resultados contradictorios (Manaugh et al., 2015). El interés emergente en la justicia en el transporte ha llevado a diferentes enfoques en su definición y medición, desde una perspectiva de capacidades (Beyazit, 2011) y la exclusión relacionada al transporte (Lucas, 2012), para enfocarse en la exposición diferencial a externalidades asociadas al transporte (Boyce et al., 2016; Samoli et al., 2019) y beneficios (Hananel and Berechman, 2016). Estos estudios abordan el transporte como un factor crítico para mejorar el bienestar urbano que de manera simultánea genera disparidades espaciotemporales en el acceso a oportunidades (Lucas, 2012).

Martens contribuye al debate de justicia en el transporte al presentar discusiones filosóficas alrededor de una definición sobre las tres dimensiones anteriormente mencionados, las cuales conforman una configuración deseable de movilidad y accesibilidad potencial como un objetivo de justicia en el transporte reconociendo “grupos menos favorecidos” (Martens, 2017), aunque sin estar libre de controversias (Martens, 2020; Vanoutrive and Cooper, 2020, 2019). Esta teoría ha evolucionado en paralelo hacia más debates en la noción de justicia en el transporte, la cual articula la movilidad urbana con una atención más amplia respecto a la exclusión social, política y de poder (Cook and Butz, 2018).

Entonces, la justicia en el transporte se enfoca en la distribución de accesibilidad y sus implicaciones (Dong, 2019), las cuales han tomado relevancia en ciudades con altas densidades de población, como muchas en América Latina y Asia (Güneralp et al., 2020). En contextos donde los sistemas de transporte tradicionales benefician a los usuarios y propietarios de vehículos privados motorizados, la distribución del espacio disponible y la infraestructura para la movilidad urbana imponen cargas significativas a los peatones, ciclistas, quienes son la mayor parte de la población (Mullen et al., 2014). Contextos urbanos de rápido crecimiento presentan un bajo consumo promedio per cápita de suelo y

bajas tasas de motorización, profundizando algunas desigualdades espaciales existentes. Una característica recurrente en la planificación de transporte en ciudades en desarrollo es el rol central de la infraestructura dedicada al automóvil (o motocicleta), a pesar de la predominancia de modos no motorizados (Uteng and Lucas, 2017). La predominancia de redes de transporte centradas en el auto genera un conflicto en la naturaleza del uso del espacio vial, con una intrincada e insegura coexistencia entre peatones, vehículos, vendedores ambulantes y otras actividades en competencia del espacio, el cual es muy limitado, dificultando las intervenciones (Dimitriou and Gakenheimer, 2012; Vasconcellos, 2014). La priorización en la provisión de infraestructura dedicada al transporte individual motorizado, en conjunto con el uso desregulado del espacio vial, usualmente conlleva a un uso regresivo del espacio vial, agravando las externalidades negativas asociadas (Santos et al., 2010).

Una distribución justa del espacio vial puede mitigar las inequidades del sistema de transporte, tales como la supresión de viajes no reconocidos por la planificación de transporte tradicional (Levy, 2015). Se requiere un cambio de paradigma para incorporar la distribución de elecciones de viaje y el diseño social de la movilidad en el proceso de toma de decisiones e inversiones asociadas al transporte (Ernste et al., 2012; Levy, 2013). Reconocer las necesidades de movilidad y proveer infraestructura y espacios adecuados sin socavar la capacidad de proveer condiciones que protejan a los más vulnerables, o comprometer la sostenibilidad futura, requiere balances y compensaciones complejas de costos, beneficios y prioridades (Mullen et al., 2014). La aplicación de marcos conceptuales y análisis de diferencias socioeconómicas en la evaluación de la disponibilidad y acceso al espacio vial, puede comunicar de una manera más justa y proporcionada la distribución del espacio urbano mientras se fomentan modos de transporte sostenible (Jian et al., 2020).

Examinar de una manera crítica la justicia en la distribución del espacio urbano requiere cuestionar los principios de la asignación tradicional de espacio vial, pensados para minimizar el tiempo de viaje de vehículos motorizados (Zheng and Geroliminis, 2013). Al reconocer los altos costos sociales que la minoría de usuarios de automóvil imponen sobre la mayoría en términos de congestión, contaminación ambiental, seguridad vial, ruido y uso del espacio, algunas ciudades han dado el primer paso en la democratización del espacio urbano (Karndacharuk et al., 2014). Sin embargo, este conocimiento ha tardado más en ser apropiado en las ciudades en desarrollo. En estos contextos, un uso más eficiente del

espacio vial podría mitigar inequidades teniendo en cuenta las relaciones entre reparto modal y uso del espacio (Gössling, 2016). La medición de las características físicas del espacio urbano es un reto, particularmente contextos como el de América Latina. Algunas metodologías implementadas para medir la distribución del espacio vial asignado a diferentes modos incluyen el uso de cartografía SIG en Ámsterdam (Milieudefensie, 2017; Nello-Deakin, 2019), procesamiento de imágenes satelitales en Friburgo (Gössling et al., 2016) y la recolección de datos en campo en Berlín (Creutzig et al., 2020). También se evidencian algunos análisis previos en tres ciudades, aunque se enfocan en zonas específicas (Copenhagense, 2014). Pocos estudios han cuantificado la igualdad en la distribución del espacio vial. Szell (2018) estudió el desequilibrio entre el reparto modal y la distribución del espacio en 23 ciudades alrededor del planeta, encontrando una tendencia histórica de planificación urbana centrada en el automóvil.

Como se ha visto, pocos trabajos académicos se han concentrado en la distribución real del espacio vial respecto a su uso. Estas investigaciones se han aplicado principalmente en ciudades desarrolladas (Gössling, 2016; Nello-Deakin, 2019; Szell, 2018). Sin embargo, algunas investigaciones que operacionalizan perspectivas distributivas en el transporte sugieren la aplicación de indicadores como Curvas de Lorenz e índices Gini con el fin de visibilizar las desigualdades asociadas a la movilidad (Delbosc and Currie, 2011a; Guzman et al., 2017b; Jang et al., 2017). Hasta donde sabemos, no hay estudios que reporten el uso de estos enfoques en ciudades en desarrollo para entender la distribución del espacio y su uso, lo cual constituye una brecha de investigación que motiva este estudio.

3. BOGOTÁ: PATRONES DE SEGREGACIÓN SOCIOECONÓMICA Y MOVILIDAD

La mayor parte de la población de bajos ingresos en Bogotá vive en zonas con pocas oportunidades económicas y se localiza en la periferia urbana, lejos de los principales centros de empleo (Guzman and Bocarejo, 2017). La mayoría de estos asentamientos se desarrollaron de manera informal (Guzman et al., 2017a). Esto implica un déficit de servicios urbanos, áreas verdes, espacios públicos e infraestructura de transporte, que se mantiene actualmente. Además, estas zonas registran las mayores densidades de población (ver Figura 1a).

En 2018, la ciudad de Bogotá tenía 7.42 millones de personas. Los 380 km² de área urbana de la ciudad se dividen en 19 localidades, una división política y administrativa basada en una perspectiva de clasificación espacial, social y económica. Bogotá es una de las ciudades más densas del mundo en promedio, con alrededor de 19,500 hab/km². Sin embargo, la distribución de la población no es uniforme a lo largo del territorio, tal como lo es la distribución del espacio vial: los habitantes de diferentes localidades experimentan condiciones desiguales en términos de densidad y disponibilidad de espacios.

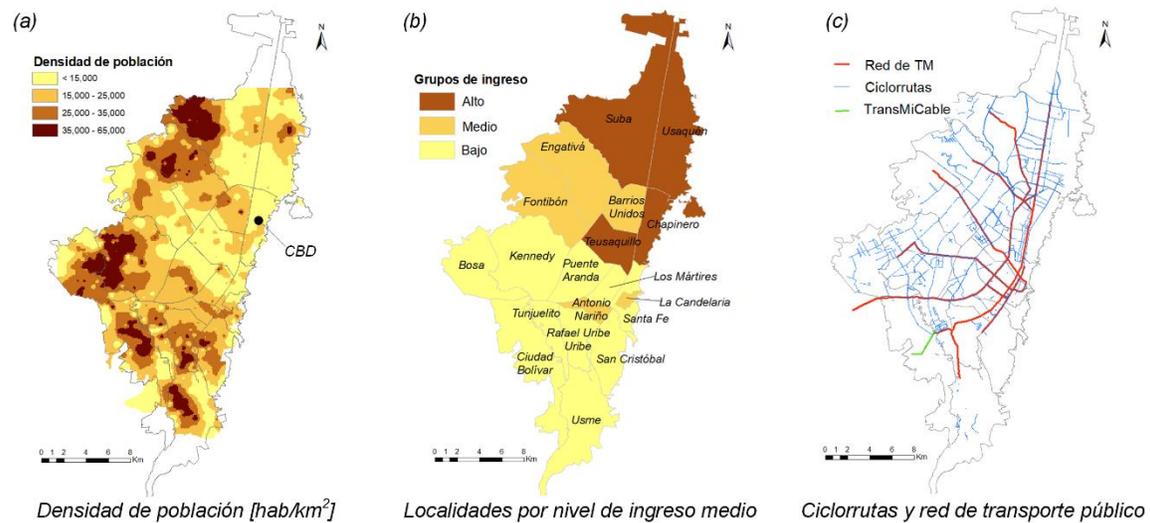


Figura 1. Bogotá por localidades: densidad de población, grupos de ingresos medios e infraestructura de transporte

La Figura 1b da pistas acerca de la segregación económica entre el norte y el sur de la ciudad. Las localidades de menores ingresos se encuentran en el sur y suroccidente, donde la mayoría de los hogares tienen un ingreso menor a 660 USD/mes, mientras que las zonas más ricas se encuentran en el norte, con promedios de ingreso por hogar mayores a 1,000 USD/mes¹. Además, la distribución de la infraestructura para la bicicleta y el transporte público sugiere mayor cobertura en las zonas de mayor ingreso (ver Figura 1c).

Este tipo de desarrollo ha resultado en desigualdades de toda índole: económicas, sociales y de infraestructura. Uno de los principales problemas de desigualdad y menos estudiado

¹ Clasificación propia.

es la distribución del espacio vial en el territorio urbano. Las personas que habitan las zonas del sur y occidente, que son los territorios más densos y desbalanceados, dependen en su mayoría de modos no motorizados y transporte público para su movilidad diaria. Por el contrario, los habitantes de zonas del norte tienen un territorio mucho más balanceado, menores densidades y mayor accesibilidad a oportunidades (Guzman and Bocarejo, 2017). En la Tabla 1 se muestran algunos indicadores promedio por localidad.

Tabla 1. Características socioeconómicas y distribución modal por localidad

Localidad	Grupo de ingresos	Población	Densidad [hab/km ²]	Autos/hab	Distribución modal [%]				Empleos/pob
					Auto, moto, taxi	TP	A pie	Bici	
Chapinero	Alto	132,258	19,930	0.42	45.3	21.6	32.6	0.5	3.78
Usaquén	Alto	467,530	13,620	0.33	39.5	26.8	32.0	1.6	0.56
Teusaquillo	Alto	147,395	11,600	0.30	39.6	26.4	33.3	0.7	1.14
Suba	Alto	1,084,103	18,980	0.19	24.4	30.7	41.7	3.2	0.24
Barrios Unidos	Alto	231,658	22,000	0.22	31.0	26.8	40.6	1.6	0.91
Fontibón	Medio	342,442	11,420	0.22	21.5	32.2	41.8	4.5	0.68
Antonio Nariño	Medio	107,631	22,800	0.18	23.5	35.0	40.6	0.9	0.75
La Candelaria	Medio	23,924	11,800	0.14	4.7	26.5	67.7	1.1	2.09
Engativá	Medio	836,268	28,700	0.17	13.9	37.8	44.3	4.1	0.35
Santa Fe	Bajo	102,706	16,440	0.11	13.0	28.8	57.6	0.5	1.65
Kennedy	Bajo	1,014,051	29,220	0.12	14.0	31.9	49.4	4.7	0.31
Puente Aranda	Bajo	256,143	15,200	0.15	19.5	31.6	46.3	2.6	1.18
Tunjuelito	Bajo	200,010	28,340	0.12	16.2	34.9	45.2	3.7	0.33
Los Mártires	Bajo	97,037	15,130	0.17	17.7	25.5	54.7	2.0	1.77
San Cristóbal	Bajo	405,761	28,130	0.06	10.5	33.2	55.2	1.1	0.20
Rafael Uribe U.	Bajo	374,260	29,930	0.08	10.2	36.0	52.2	1.6	0.25
Bosa	Bajo	577,617	30,630	0.07	6.1	30.5	57.6	5.8	0.10
Ciudad Bolívar	Bajo	632,559	22,600	0.05	6.8	37.3	53.7	2.2	0.12
Usme	Bajo	379,212	15,450	0.05	4.4	33.7	61.1	0.7	0.14

Fuente: elaboración propia a partir de datos de la encuesta de movilidad 2015.

Además de los datos anteriores, la Figura 2 muestra que, para viajes menores a 2 km, la caminata es de lejos el modo más usado en la ciudad. El total de viajes al día a pie en Bogotá es de alrededor de 4.6 millones. La Figura 2 también sugiere que la mayoría de los bogotanos camina distancias hasta de 2.5 km, mientras que aquellos que viajan distancias largas (más de 10 km) prefieren usar el TransMilenio (Guzman et al., 2020). Por otro lado, la tasa promedio de propiedad de automóvil en Bogotá es baja: solo 1 de cada 7 habitantes tiene un auto. Sin embargo, este indicador varía según el rango de ingreso del hogar. Hay

0.25 autos/hab en el rango de ingresos altos, 0.19 en el medio y 0.09 en el grupo de ingreso bajo. Esto significa que las personas de ingreso alto tienen en promedio 2.8 más autos per cápita que los más pobres.

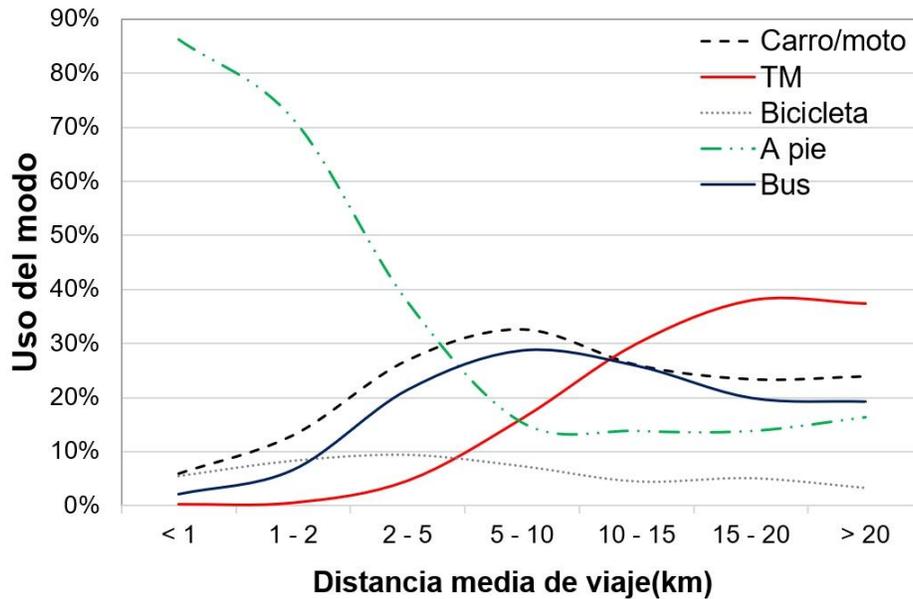


Figura 2. Distribución de distancias de viaje y reparto modal

La distribución modal de Bogotá se relaciona directamente con el espacio vial clasificado en este estudio: ciclorrutas, andenes, corredores exclusivos de TM y autos, motos y taxis, los cuales comparten el mismo espacio vial que los buses (el componente zonal del sistema integrado de transporte público, SITP).

A pesar de que los patrones de movilidad y la distribución socioeconómica sugieren que Bogotá es una ciudad desigual y altamente segregada (Guzman et al., 2017a), una revisión profunda del espacio vial disponible, considerando la distribución modal, puede ayudar a evaluar la justicia en la distribución de la infraestructura pública de transporte. La siguiente sección analiza y discute la distribución del espacio vial como herramienta para mejorar la justicia en el transporte y cómo planificar y diseñar mejores ambientes urbanos en ese sentido.

4. METODOLOGÍA PROPUESTA

Se propone una metodología basada en el cálculo de un conjunto de indicadores que tienen por objetivo evaluar la justicia en la asignación de espacio vial en Bogotá, identificando incentivos o ventajas hacia uno u otro modo de transporte en términos de espacio vial dedicado. Los resultados son analizados para determinar puntos críticos en la planificación de ciudad y formulación de políticas a la luz de la justicia en el transporte. Una comparación del consumo de espacio vial total (estático y dinámico) por diferentes modos de transporte, permite analizar la eficiencia del uso del espacio, utilizando la demanda de viajes de la encuesta de movilidad y estimando qué tan justa es la situación actual en Bogotá.

4.1 Datos

Se utilizaron datos de dos fuentes principales: la encuesta de movilidad de 2015 en Bogotá, a partir de la cual se estimó la distribución modal diaria, los tiempos medios de viaje y las distancias de viaje por modo. Para cuantificar y clasificar del espacio vial, se utilizaron los mapas de la red vial completa de la ciudad, obtenida de bases de datos públicas. Las bases de datos se procesaron con métodos SIG y contienen información espacial del área dedicada a cada tipo de infraestructura. La infraestructura de transporte incluye separadores, calles, corredores exclusivos de TM, andenes y ciclorrutas. Para separar el área usada por los buses del transporte privado (auto, moto y taxi), se usó información oficial del servicio del sistema zonal del SITP, que incluye la longitud de las rutas, los tiempos de recorrido, frecuencias y tamaño de flota. Con estos datos se estimó un proxy de espacio vial usado por los buses.

Finalmente, también se estimó el costo aproximado por tipo de infraestructura usando los precios unitarios de referencia oficiales de la ciudad, incluyendo licitaciones y demás procesos de contratación pública (IDU, 2020). También se analizaron los costos de infraestructura respecto al recaudo por impuestos a la propiedad de vehículos en el periodo 2017-2019. Es relevante mencionar que los costos estimados corresponden exclusivamente a costos de materiales y no incluyen trabajos complementarios como redes de servicios públicos, mobiliario urbano o señalización.

4.2 El lado de la oferta: cuantificando el espacio vial

El espacio vial está clasificado en varios componentes que comprenden la totalidad de la infraestructura vial urbana de Bogotá. Los segmentos viales son divisiones definidas por la ciudad con una identificación única. Esta identificación es compartida entre los componentes de los segmentos viales: separador, calles, corredores exclusivos de TM, andenes y ciclorrutas.

Se obtuvieron capas geográficas de los segmentos viales de la oficina del IDECA² de Bogotá, incluyendo infraestructura dedicada a ciclistas y peatones. De OpenStreetMap, se descargó la capa de la red vial de segmentos de Bogotá. Con estas capas disponibles, se construyó una base que corresponde a la composición de todo el espacio vial de la ciudad, con un total de 103,366 elementos, incluyendo 115,510 elementos tipo vías de flujo mixto, 167,841 elementos tipo andén y 4,758 elementos tipo ciclorruta (Medaglia et al., 2020). Tal como se describió anteriormente, se usó la división de 19 localidades para explorar las diferencias en la distribución del espacio vial al interior de Bogotá.

Es válido aclarar que mientras la clasificación presentada divide el espacio vial en diferentes modos, en la práctica, muchas calles permiten un flujo mixto (autos, motos, taxis y buses pueden compartir vías). En estos casos, el área aproximada usada por los buses fue estimada de acuerdo con la proporción de consumo dinámico del espacio vial ocupado por cada modo. Además, se calculó de manera separada corredores de TM, andenes y ciclorrutas.

4.3 Midiendo el uso del espacio vial

La segunda etapa del análisis propone una evaluación agregada del área total disponible para cada tipo de infraestructura en la ciudad, comparada con el reparto modal. Primero, desde una perspectiva estática, se introduce un indicador que divide el área (en m²) por el total de viajes diarios en el modo de transporte correspondiente. Las áreas viales se separan entre buses y otros modos motorizados (auto, moto y taxi), los andenes entre viajes a pie y así sucesivamente. Este indicador muestra el área dedicada a producir un viaje en el modo correspondiente. Entonces, mientras más alto sea el indicador, menos eficiente es

² www.ideca.gov.co

el modo porque usa más espacio para movilizar a una persona. Las áreas de estacionamiento en vía no se estiman, ya que en teoría, en Bogotá el estacionamiento en vía no es permitido de acuerdo con la regulación vigente al momento del análisis.

Sin embargo, dado que los vehículos movilizan personas, otro indicador es necesario para comparar el espacio vial total usado por modo durante el viaje. Basados en el concepto de ocupación de área-tiempo (Bruun and Vuchic, 1995), definido como el producto del espacio y el tiempo ocupado por un vehículo, es posible estimar de manera simultánea la cantidad del espacio requerido para su tránsito y el tiempo en el cual el vehículo es usado. De esta manera, se propone un segundo indicador que consiste en la relación entre el área-tiempo disponible para cada infraestructura y el consumo de espacio, lo que resulta en la ocupación promedio de los viajes en cada tipo de infraestructura en un día típico. El espacio requerido para el tránsito de vehículos es función de la velocidad, como se observa en la Ec. (1).

$$A_i = \frac{\left(\frac{S * R}{3.6} + L\right) W}{P} * T = \frac{M * W}{P} * T \quad (1)$$

A medida que este indicador aumenta, significa que los usuarios ocupan más espacio vial. Aquí, A_i es el área-tiempo consumida m^2 -min por los pasajeros i ; S corresponde a la velocidad promedio del vehículo en km/h (puerta a puerta); R se refiere a al tiempo de reacción o brecha de seguridad requerida por el conductor expresada en segundos; L es la longitud promedio de los vehículos en metros; W es el ancho promedio de un carril en metros (derecho de vía); P es la ocupación de pasajeros por vehículo, mientras que T es el tiempo de viaje total en minutos. M es el área del derecho de vía ocupado por el vehículo/pasajero. La velocidad de viaje para cada modo se estimó usando el tiempo promedio de viaje, la distancia de viaje de la encuesta de movilidad de Bogotá y la ocupación promedio por vehículo.

Note que es necesario multiplicar el consumo de área-tiempo de un usuario promedio dado por la Ec. (1) por el total de viajes realizados en cada modo. Este enfoque provee un proxy del consumo de espacio vial requerido para movilizar la demanda diaria por modo con diferentes niveles de servicio (velocidad).

Dado que los buses y vehículos motorizados particulares comparten las vías de uso mixto, un análisis agregado podría conducir a conclusiones erróneas, ya que la demanda de buses no se diferenciaría de aquellas de vehículos privados. Para solucionar esto, se estimó la porción de la red vial usada por los buses. Para comenzar, se estimó el área total dinámica consumida por el servicio de buses usando la Ec. (1) con las tablas oficiales de programación de rutas, las cuales incluyen la distancia de la ruta, el tiempo de recorrido, las frecuencias y la flota. El área dinámica del auto, moto y taxi se estimó multiplicando los viajes diarios por el consumo de área-tiempo como se describió anteriormente. Así, asumiendo una relación 1:1 entre áreas de consumo estáticas y dinámicas, el área de vías de uso mixto dedicado a los buses es la proporción del área dinámica ocupada por el modo, respecto a la consumida en tales vías.

Además, se propone un enfoque desagregado para analizar la distribución de espacio vial y su uso a nivel de localidad. Se estimaron los mismos indicadores para cada localidad y así examinar diferencias entre ellas. También se propone usar los costos de construcción de la infraestructura para estimar un valor del espacio vial por modo. Se estimó el costo de construcción de cada tipo de infraestructura multiplicando su respectiva área por el precio unitario de referencia oficial. Luego, se calculó la relación entre el costo total y los viajes diarios realizados por modo, obteniendo un proxy del valor de la infraestructura por viaje. Finalmente, se comparó el valor del espacio urbano dedicado al transporte y las expectativas de recaudo por impuestos a la propiedad vehicular de acuerdo con los presupuestos de Bogotá en el periodo 2017-2019. Esto permite analizar si los usuarios pagan completamente por el costo de construcción de la infraestructura del vehículo privado, o si, por el contrario, existen subsidios implícitos. Se hizo una comparación usando curvas de Lorenz y los correspondientes índices Gini de la distribución de espacio vial. De estos indicadores se obtiene la proporción acumulada de espacio por tipo de infraestructura por segmentos de población.

5. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En 2015, en Bogotá se hacían alrededor de 14.8 millones de viajes al día. El transporte público tiene la mayor parte de la demanda (46.6%), seguido de modos no motorizados (34.5%) y luego transporte privado motorizado (17.0%). La infraestructura de transporte

(calles, corredores de TM, andenes y ciclorrutas) ocupan alrededor del 21.2% (89.7 km) del área urbana. Los buses (buses alimentadores, componente zonal del SITP e intermunicipales) tienen un reparto modal de 32.8% y comparten el mismo espacio con los autos, taxis y motos (17%). La porción de red vial usada por el sistema de buses es aproximadamente 11.7%.

La distribución de espacio vial por tipo y el reparto modal se presentan en la Figura 3a. Las áreas de tránsito mixto (es decir, auto, taxi, moto y buses) y peatones ocupan la mayor parte del espacio vial (97.6%), seguidos por los corredores de TM (1.5%) y la infraestructura dedicada a ciclistas (0.9%). La Figura 3b introduce un nuevo indicador: la relación entre espacio vial y reparto modal por grupo de ingreso medio por localidad. Este resultado muestra la relación entre el área dedicada y el uso (reparto modal) de cada tipo de infraestructura. El valor de 1.1 dice que para la caminata hay 10% más espacio dedicado que los viajes realizados en dicho modo. Por el contrario, un valor de 0.1 indica que para TM, hay mucho menos espacio dedicado respecto a los viajes que moviliza, siendo mucho más eficiente en términos de uso del espacio.

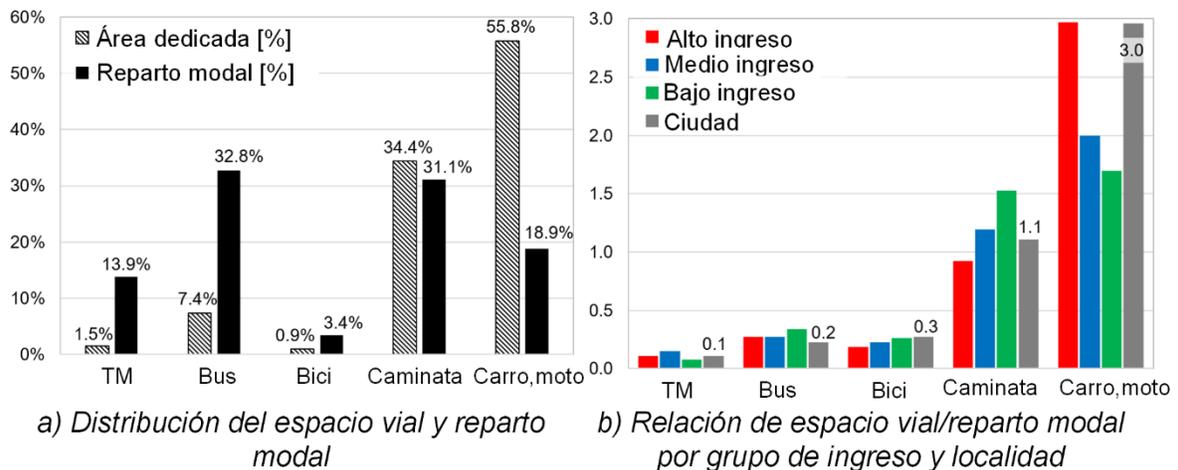


Figura 3. Distribución del espacio vial y reparto modal diario en Bogotá

Los resultados en la Figura 3 dan una primera evidencia de la injusticia en la distribución de espacio en la ciudad. Primero, hay una clara tendencia a dar más espacio a modos menos sostenibles, particularmente el auto y la moto. Estos modos producen externalidades negativas que afectan otras alternativas de transporte más sostenible. Segundo, en las

localidades de menor ingreso, donde el reparto modal de modos privados es menor, más espacio se les dedica respecto al total de viajes. Las localidades de ingreso alto dedican proporcionalmente más espacio a peatones. Estos resultados sugieren que existe un desbalance en la provisión de infraestructura en la ciudad, lo cual es acorde con resultados reportados en otras ciudades colombianas (Arellana et al., 2020).

Desde el punto de vista dinámico, la distribución del espacio vial es mucho menos justa, tal como se observa en la Figura 4 que muestra ejemplos numéricos del consumo de área-tiempo promedio de un viaje típico por modo usando velocidades de viaje promedio. Los datos usados provienen de los valores de la encuesta de movilidad de Bogotá de 2015. El eje Y de la figura contiene el área usada por los viajeros, mientras que el eje X representa el tiempo de viaje promedio. De esta manera, el área resultante bajo la curva representa el área-tiempo promedio consumida por viaje en cada modo de transporte. La Figura 4a indica que los viajes en auto y moto tienen la ventaja de una dimensión horizontal más pequeña, es decir, menores tiempos de viaje. Sin embargo, también tienen la desventaja de una dimensión vertical mayor que se traduce en un mayor consumo de área-tiempo. Note que, al incrementar la velocidad de estos modos, el área-tiempo consumida es mucho mayor, como se muestra en la Figura 4b.

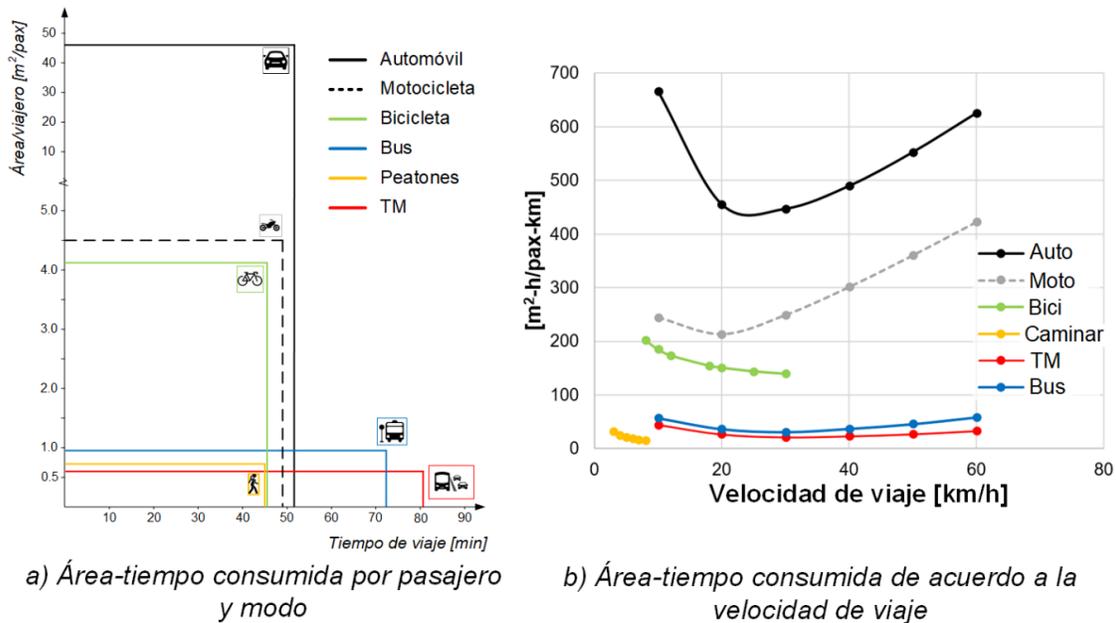


Figura 4. Área-tiempo consumido por pasajero en viajes promedio usando diferentes modos

A medida que aumenta la velocidad, también lo hace el consumo de área-tiempo. El efecto de velocidades de operación más altas causa que el área-tiempo se incremente de manera más pronunciada, tal como ocurre en las autopistas urbanas. Este ejemplo ilustra de manera adecuada la injusticia en la distribución del espacio en la ciudad: las autopistas urbanas requieren una gran cantidad de espacio urbano, son costosas y solo sirven a una pequeña proporción de ciudadanos.

La Figura 4b muestra que hay un punto óptimo en el consumo de espacio por pasajero, particularmente en el caso de los autos y motos. Sin embargo, estos óptimos son mínimos locales dado que dependen de los valores del caso de estudio como las distancias de viaje, la ocupación y el tamaño del vehículo. En resumen, a pesar de las bajas velocidades promedio en Bogotá, los modos de transporte individuales motorizados son los más ineficientes en el consumo de suelo. Estos resultados son relevadores sobre el consumo de espacio vial por modo de transporte. La Tabla 2 resume los valores de las variables usadas para realizar el cálculo de los resultados y el consumo de área-tiempo por pasajero-km.

Tabla 2. Valores promedio usados en el cálculo de área-tiempo

	Automóvil	TM	Bus	Peatón	Bicicleta	Motocicleta
Longitud veh. [m]	4.2	18	11	0.6	1.3	1.9
Ocupación [pax/veh]	1.2	128	50	1	1	1
Distancia viaje [km]	8.3	12.4	9.4	2.4	7.1	10.2
Velocidad [km/h] *	9.6	9.3	7.7	3.2	9.3	12.5
Derecho de vía [m]	3.5	3.6	3.6	1.0	1.3	1.8

* Es importante resaltar que los rangos de velocidad analizados para cada modo no son iguales, pero son dependientes de las velocidades reales de operación por tipo de vehículo en Bogotá. En el caso de auto, moto, bus y TM, las velocidades varían desde los 10 hasta 60 km/h. El rango varía entre 9 y 30 km/h para bicicletas, y entre 2 y 8 km/h para peatones.

Otro indicio de distribución injusta del espacio vial tiene que ver con área dedicada a las vías y la proporción de vehículos privados. Esto se puede relacionar con el consumo de suelo por habitante, el cual se deriva directamente de la densidad de población. En Bogotá, en promedio cada habitante dispone de 51.3 m² de espacio urbano, tal como se muestra en la Figura 5a. Las implicaciones de esto son claras: mientras menor sea el consumo de suelo per cápita, más perjudicial es el auto como modo de transporte principal. Estos resultados también muestran que las localidades de mayores ingresos tienen más suelo y espacio vial por habitante.

Profundizando en este análisis, se realizó una prueba tipo ANOVA de diferencias entre los promedios de suelo y espacio vial per cápita considerando segmentos de ingreso. Se encontraron diferencias significativas entre el consumo de suelo per cápita con el 90% de nivel de confianza. También se realizó una prueba HSD de Turkey para comparaciones múltiples y se confirma que las localidades de mayores ingresos tienen mayor suelo per cápita disponible en comparación con las localidades de menores ingresos (Tukey HSD diferencia de medias = 28.65, $p=0.045$).

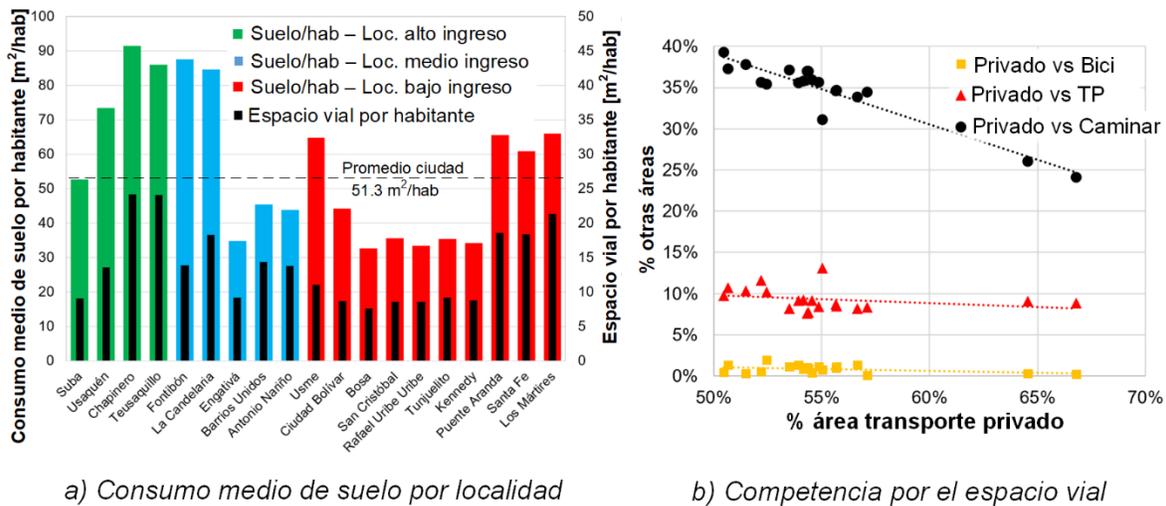


Figura 5. Consumo de suelo y espacio vial por distrito

A nivel ciudad, hay una competencia por el espacio vial entre los diferentes tipos de infraestructura. Mientras más espacio se dedique al transporte privado, menos hay disponible para modos de transporte. Como se muestra en la Figura 5b, mientras más espacio se dedica a las vías, menos se dedica a los andenes, ciclorrutas y corredores de TM.

La Figura 6 muestra la variabilidad en el área media usada por viaje y el reparto modal por grupo de ingresos. Los resultados de la Figura 6a muestran que para las localidades de ingreso bajo, el área consumida por viaje en modos privados es mucho mayor que en las otras localidades, a pesar de generar una mayor cantidad de viajes a pie (Figura 6b). Por medio del análisis ANOVA, se encontró que el espacio consumido por viaje en modos privados y caminata difiere por grupo de ingreso. Con pruebas HSD de Turkey se

identificaron diferencias estadísticamente significativas, al 90% nivel de confianza, entre el espacio consumido por viajes en modos privados entre localidades de ingreso alto y bajo (Tukey HSD diferencia media = 10.72, $p=0.071$). También, se encontraron diferencias significativas entre las localidades de ingreso medio y bajo (Tukey HSD diferencia media = 9.69, $p=0.079$).

De manera similar, la proporción de viajes en modos privados es significativamente mayor en las localidades más ricas (Tukey HSD diferencia media = 0.13, $p=0.001$) y en las localidades de ingreso medio (Tukey HSD diferencia media = 0.08, $p=0.030$), comparado con las localidades de ingreso bajo. También se evidencian diferencias significativas entre los viajes a pie hechos por los habitantes de ingreso alto y bajo (Tukey HSD diferencia media = 0.15, $p=0.036$). Además, el área promedio por viaje no se alinea con la proporción de viajes en ningún grupo de ingresos, sugiriendo una distribución injusta del espacio.

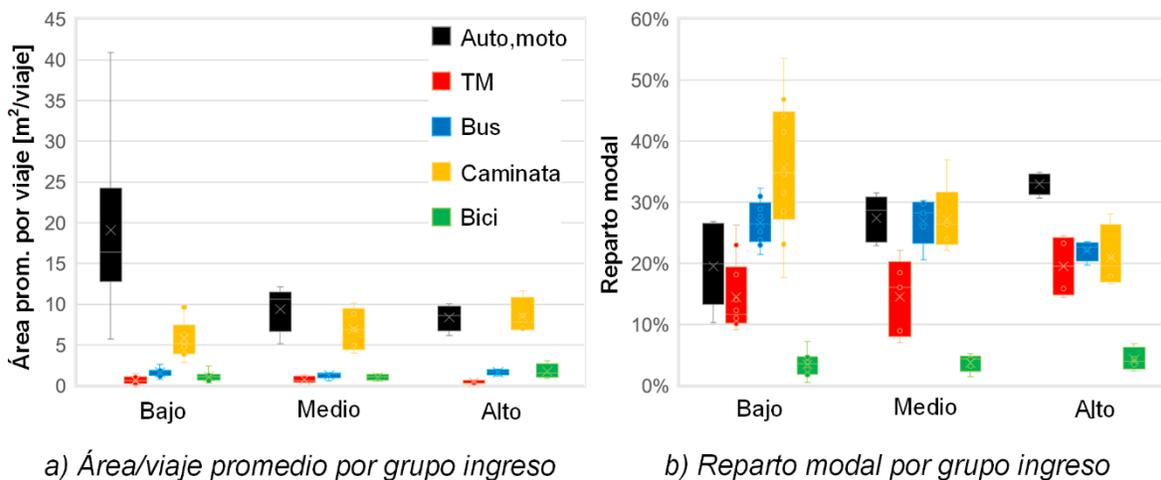
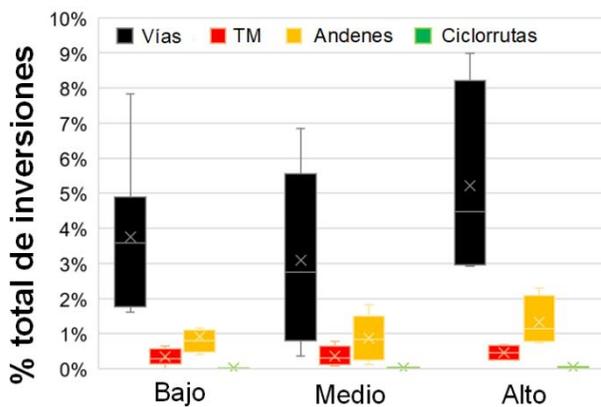


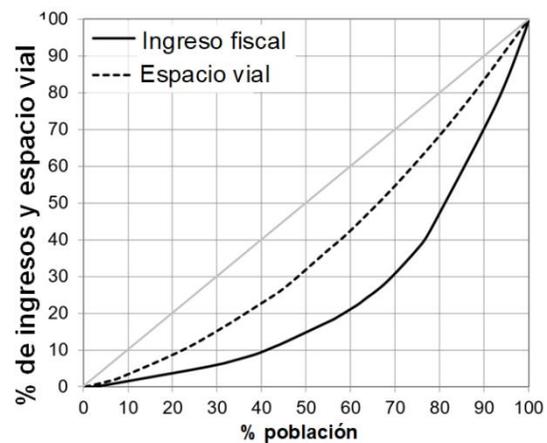
Figura 6. Boxplots de consumo de espacio y distribución modal por ingreso a nivel de localidad

En resumen, los resultados demuestran que el promedio de área consumida es mucho mayor en el transporte privado en las localidades de menor ingreso. Es más, estas localidades son más densas en promedio, por lo cual tienen una menor cantidad de suelo per cápita. Hay más espacio dedicado al auto y la moto y menos a los peatones y ciclistas, los cuales representan el 55% de los viajes. Hay 1.52 veces más espacio para ciclistas en las localidades de ingreso alto y medio que en las de ingreso bajo.

Los usuarios de auto y moto suelen reclamar una mayor participación sobre el limitado espacio vial en Bogotá. La Figura 7a presenta el costo estimado de la infraestructura según el grupo de ingreso por localidad. La gráfica resalta que el valor del espacio urbano dedicado a vías mixtas es mucho mayor al de otros modos. A pesar de diversas e importantes inversiones en transporte público y ciclo-infraestructura durante los últimos años, el valor del espacio urbano dedicado a estos modos todavía se encuentra muy alejado al observado para el tráfico mixto. En conjunto, los costos de infraestructura del sistema TM y las ciclorrutas no alcanza a representar el 1% del valor total del espacio vial en la ciudad. Este resultado sugiere que la ciudad ha dado prioridad en proveer espacios orientados a la promoción de la movilidad en auto o moto, en detrimento de modos más sostenibles. Es esencial reconocer que estas cifras no descuentan el valor del espacio urbano en el tiempo. Con esto en consideración, es esperable que el espacio dedicado al transporte motorizado es mayor, dado que se ha construido por décadas, mientras que el sistema TM solo opera desde el 2000. Por supuesto, la ciudad ha reforzado la infraestructura para ciclistas a través de la construcción de ciclorrutas o bicicarriles durante las últimas dos décadas. A pesar de que usar una tasa de descuento es recomendable para investigaciones futuras, esta cifra demuestra una gran diferencia entre los costos del espacio del tráfico mixto y los andenes.



a) Inversiones en el espacio vial por grupo de ingreso



b) Distribución acumulada del espacio vial y los ingresos fiscales por vehículos

Figura 7. Costos de inversión y recaudo tributario

Por último, usando curvas de Lorenz se busca visibilizar los efectos distribucionales del recaudo de impuestos provenientes de la propiedad de vehículos en el periodo 2017-2019 y la distribución del espacio vial. Siguiendo un enfoque similar al sugerido por Guzman et al. (2017b), se encontró que el recaudo por esos impuestos no se distribuyen equitativamente a través de la población. Por el contrario, se enfocan en un segmento pequeño privilegiado que es dueña de un vehículo automotor. Además, la distribución del espacio vial está mejor distribuida en la ciudad, lo que sugiere que los usuarios de automóvil tienen una disposición uniforme del espacio vial para completar sus viajes. La Figura 7b muestra que el 70% de la población tan solo contribuye con cerca del 30% recaudo por impuestos de propiedad de vehículo. En resumen, una minoría privilegiada no solo paga los impuestos, sino que “compra” el espacio para movilizarse a través de la ciudad.

6. DISCUSIÓN Y RECOMENDACIONES

Aunque la movilidad activa, como la caminata, son reconocidas como equitativas e inclusivas (Forsyth and Southworth, 2008), el análisis presentado sugiere que este modo se encuentra en la parte baja de prioridades para la asignación de espacio en la ciudad. Investigaciones anteriores en el contexto local apuntan a la caminata y la conectividad a escala local en un rol fundamental en la accesibilidad a oportunidades no obligadas para la población (Oviedo and Guzman, 2020). Sin embargo, el ambiente urbano de Bogotá se han configurado para acomodar primero a los vehículos privados.

Al incorporar un enfoque de justicia en el análisis de la distribución del espacio urbano, no solo es posible cuestionar los patrones de la disposición de infraestructura urbana para la movilidad en una ciudad como Bogotá, sino que se logran desafiar los principios de minimización de costos para un selecto grupo de usuarios (Zheng and Geroliminis, 2013). Los hallazgos sugieren que un rol más central de la caminata en la planificación urbana y de transporte puede ayudar a compensar el desequilibrio espacial en las oportunidades, el cual es evidente en el contexto local, sirviendo como soporte estructural de transformaciones en el largo plazo, como la promoción de usos de suelo mixtos, densos, compactos y accesibles (Guzman et al., 2020). Sin embargo, el ejemplo de Bogotá también arroja luces sobre cuánto tiempo ha tomado para que la ciudad reconozca la necesidad de repensar cómo se asigna el espacio a diferentes modos de transporte y los ciudadanos que

hacen uso de él. En línea con argumentos previos en contextos similares, mejorar la distribución actual en el uso del espacio vial existente podría mejorar la justicia en el acceso a la ciudad (Gössling, 2016).

Los argumentos de la justicia en el transporte asociados con la distribución de espacio pueden ilustrar la influencia de percepciones negativas sobre la caminata como modo de transporte asociado con la pobreza y las aspiraciones de muchos ciudadanos de tener un auto (Lucas and Porter, 2016) o una moto. Parece ser que la historia que Bogotá ha contado a sus ciudadanos durante años es que, si es dueño de un vehículo, la ciudad acomodará mejor sus necesidades de transporte respecto si decide caminar, usar la bicicleta o el transporte público. En países de ingreso bajo a medio, donde la disponibilidad de automóvil es relativamente baja, la predominancia de la caminata es más un reflejo de la necesidad que una elección de los usuarios, dado que una proporción significativa de los adultos caminan porque no tienen alternativas viables. Los hallazgos contribuyen al debate vigente que critica los sistemas de planificación orientados al automóvil, apoyando la necesidad de redirigir las trayectorias de desarrollo urbano hacia la promoción del transporte público, caminata y bicicleta (ver Szell 2018), mientras se considera la uniformidad en las condiciones de ciudades de ingreso bajo y medio de países en vías de desarrollo.

El uso de indicadores de distribución como aquellos presentados en la Figura 7, añaden una dimensión de gestión al hallazgo de que el (poco) espacio vial disponible es usado principalmente por modos privados motorizados. La mayor parte del tiempo, estos espacios se encuentran congestionados. Al hacer explícito el nivel de gasto público asociado con la oferta creciente de vías en áreas urbanas consolidadas, también se contribuye con una perspectiva matizada a debates sobre desigualdades derivadas del transporte (Delbosc and Currie, 2011b; Guzman et al., 2017b).

Los métodos presentados tienen el potencial de ser operacionalizados como instrumentos de planificación. Considerando que el concepto de área-tiempo y la distribución del espacio vial es una decisión compartida entre el desarrollo y la movilidad urbana, la introducción de métricas como las aquí presentadas, podrían lograr una distribución más justa de los recursos de inversión de infraestructura pública. Tales métricas pueden servir como “tests de justicia” en decisiones técnicas y financieras, considerando la tan requerida dimensión social aumentando la responsabilidad y coherencia del proceso de planificación.

La aplicación de ideas de justicia en el transporte en una ciudad como Bogotá da una luz en la necesidad de balancear las injusticias en el sistema de transporte, tales como las inmovilidades selectivas inducidas por la planificación convencional de transporte (Levy, 2015). El marco conceptual de justicia en el transporte, tal como se operacionalizó en este estudio, contribuye a las preocupaciones sociales y de sostenibilidad en la planificación de transporte moderno (Jian et al., 2020). Mientras los debates alrededor de la justicia en la movilidad tengan carga política, este análisis tiene un valor intrínseco en la práctica local dada la fuerza que tiene el paradigma tradicional de planificación de transporte en los sistemas de distribución del espacio urbano. En consecuencia, una distribución justa del espacio es un desafío para las autoridades y planificadores urbanos. Las asimetrías estructurales en el uso y disfrute de estos espacios puede generar desigualdades en los derechos de quiénes, cuándo y cómo lo usan.

Estos hallazgos son una ilustración empírica de la urgencia en el cambio de paradigma para incorporar matices sociales en el diseño de sistemas de movilidad y en los procesos de inversión en transporte. Una infraestructura pobre, altas tasas de mortalidad y siniestralidad en peatones y ciclistas son elementos de preocupación, lo cual hace fundamental examinar este estudio en conjunto con otras valiosas investigaciones, exponiendo más injusticias asociadas al transporte (Cervero et al., 2009; Guzman and Oviedo, 2018; Wang et al., 2019) y calidad de la infraestructura (Medaglia et al., 2020) en el contexto local. Los grandes desequilibrios entre la oferta de infraestructura a lo largo de la ciudad, mientras la provisión de conectividad ignora zonas más pobres y menos atractivas, han contribuido a tales externalidades negativas (Oviedo and Dávila, 2016). Aunque el análisis no aborda directamente asuntos de poder y política, la operacionalización del marco conceptual de justicia en el transporte y la evidencia resultante pueden aprovecharse para cuestionar los desequilibrios de poder que sustentan las diferencias medibles en la infraestructura física y las inversiones en la ciudad.

El segmento poblacional de mayores ingresos, quienes poseen la mayor parte de la flota de vehículos privados en la ciudad (20% de la población tiene más del 45% de la flota de autos), han tenido un mejor acceso y provisión de espacios urbanos para la movilidad adaptados a sus necesidades. La distribución de espacio para diferentes formas de movilidad en Bogotá refleja los sesgos implícitos en las prioridades históricas de planificación y provisión de infraestructura en la ciudad y el inmenso desequilibrio de

poderes entres grupos de usuarios de diferentes modos. Los usuarios de auto tienen mayor poder e influencia, tejiendo el espacio urbano para que sea más efectivo en adaptarse a sus necesidades. Tal poder e influencia son usualmente suficientes para superar prioridades colectivas como el transporte público y conectividad de no motorizados. En particular, nuestros hallazgos comunican desafíos en el poder y la influencia de usuarios de vehículos privados motorizados en el proceso de toma de decisiones.

Un potencial punto de retorno en una mejor distribución del espacio es la pandemia de COVID-19. En Bogotá, las restricciones impuestas en respuesta a la pandemia han tenido implicaciones de gran alcance dada la marcada desigualdad social y espacial en la ciudad. Datos locales reportan que una gran proporción de la población de ingreso bajo no pudo ejecutar sus actividades desde casa y cerca del 20% han dejado de realizar sus actividades principales (Guzman et al., 2021). Una de las consecuencias más evidentes de la pandemia es la desigualdad en la posibilidad de aquellos quienes pueden acceder a sus actividades desde casa y la distribución espacial de las oportunidades a través de la ciudad. Para los pobres, la inmovilidad no es una opción. Con respecto a esto, una distribución injusta del espacio profundiza las desigualdades en el espacio disponible para la circulación segura y acceso a oportunidades. Esta situación puede presentar una oportunidad para gobiernos locales de repensar las prioridades en inversiones de espacio público para lograr una distribución más justa, respaldados por argumentos de igualdad, sostenibilidad y salud pública.

7. CONCLUSIONES

Esta investigación provee indicadores novedosos como la ocupación de área-tiempo para estimar y mapear injusticias en la asignación del espacio vial urbano. El estudio también resalta las injusticias concernientes al espacio vial y su uso en una ciudad densa como Bogotá. Hay evidencia de una distribución injusta del espacio vial en favor de modos privados motorizados sobre el transporte público, caminata y bicicleta. Los recurrentes problemas históricos de Bogotá en las decisiones de planificación han favorecido el transporte privado con implicaciones negativas implícitas para la justicia en el contexto local. El claro desequilibrio en términos de provisión del espacio en favor de una minoría de usuarios de vehículo privado se relaciona con muchas de las investigaciones empíricas y

conceptuales que resaltan las desigualdades para todos los usuarios de transporte con referencia a accesibilidad, asequibilidad y bienestar (Guzman and Oviedo, 2018; Oviedo and Guzman, 2020; Vecchio et al., 2020). Aunque es verdad que, en la ciudad de Bogotá, con las bajas tasas de propiedad de vehículo privado, el consumo excesivo de espacio urbano por los autos/motos es evidente, se debe tener precaución al usar esta metodología en ciudades con altas tasas de propiedad de vehículo privado entre los segmentos más pobres de la población.

En adición, como ocurre en otros casos de la región, la evolución de la red de infraestructura de modos no motorizados se ha concentrado principalmente en áreas de alta atraktividad con concentración de oportunidades comerciales, económicas y culturales, lo cual también se relaciona con la localización de la vivienda de grupos con mejores condiciones socioeconómicas. Mientras la mayor parte de la población de Bogotá es usuaria de transporte público, bicicleta y caminata, tiende a ser excluida de las decisiones de planificación relevantes para su movilidad y accesibilidad. Las decisiones presupuestales están centralizadas y no suelen involucrar un diagnóstico riguroso en escalas meso y macro, llevando a una sobreinversión en zonas específicas de la ciudad mientras otras permanecen desconectadas. Esta realidad es reflejada por los hallazgos de este estudio, indicando la necesidad de medidas que fomenten la caminata y la bicicleta con la provisión de más y mejores espacios mientras se restringe el uso de vehículos privados motorizados.

La búsqueda de una distribución justa del espacio urbano para la movilidad en una ciudad como Bogotá requiere un liderazgo político y técnico suficiente para tomar decisiones que pueden ser políticamente impopulares. Sin embargo, tal como lo documenta Gilbert, la historia de Bogotá ha demostrado que bajo las circunstancias apropiadas y con la suficiente voluntad política, un sistema de transporte más sostenible puede ser posible (Gilbert, 2015, 2008). La justicia puede ser un hilo conductor para guiar tales decisiones y las transformaciones urbanas positivas, siendo necesaria mayor investigación que pueda proveer evidencia adicional de desigualdades actuales y prácticas relacionadas con inversiones y políticas, así como descubrir nuevas maneras de mitigar tales desigualdades a través de una planificación y toma de decisiones más inclusiva.

REFERENCIAS

- Arellana, J., Saltarín, M., Larrañaga, A.M., Alvarez, V., Henao, C.A., 2020. Urban walkability considering pedestrians' perceptions of the built environment: a 10-year review and a case study in a medium-sized city in Latin America. *Transp. Rev.* 40, 183–203. <https://doi.org/10.1080/01441647.2019.1703842>
- Beyazit, E., 2011. Evaluating Social Justice in Transport: Lessons to be Learned from the Capability Approach. *Transp. Rev.* 31, 117–134. <https://doi.org/10.1080/01441647.2010.504900>
- Boyce, J.K., Zwickl, K., Ash, M., 2016. Measuring environmental inequality. *Ecol. Econ.* 124, 114–123. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.01.014>
- Bruun, E.C., Vuchic, V.R., 1995. Time-area concept: Development, meaning, and applications. *Transp. Res. Rec.* 1499, 95–104.
- Caprotti, F., Yu, L., 2017. *Sustainable Cities in Asia*. Routledge, Abingdon, Oxon; New York, NY: Routledge, 2018. <https://doi.org/10.4324/9781315643069>
- Cervero, R., Sarmiento, O.L., Jacoby, E., Gomez, L.F., Neiman, A., 2009. Influences of Built Environments on Walking and Cycling: Lessons from Bogotá. *Int. J. Sustain. Transp.* 3, 203–226. <https://doi.org/10.1080/15568310802178314>
- Cook, N., Butz, D., 2018. *Mobilities, Mobility Justice and Social Justice*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780815377047>
- Copenhagenize, 2014. *The Arrogance of Space* [WWW Document]. URL <http://www.copenhagenize.com/search?q=arrogance+of+space>
- Creutzig, F., Javaid, A., Soomaroo, Z., Lohrey, S., Milojevic-Dupont, N., Ramakrishnan, A., Sethi, M., Liu, L., Niamir, L., Bren d'Amour, C., Weddige, U., Lenzi, D., Kowarsch, M., Arndt, L., Baumann, L., Betzien, J., Fonkwa, L., Huber, B., Mendez, E., Misiou, A., Pearce, C., Radman, P., Skaloud, P., Zausch, J.M., 2020. Fair street space allocation: ethical principles and empirical insights. *Transp. Rev.* 40, 711–733. <https://doi.org/10.1080/01441647.2020.1762795>
- Delbosc, A., Currie, G., 2011a. Using Lorenz curves to assess public transport equity. *J. Transp. Geogr.* 19, 1252–1259. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2011.02.008>
- Delbosc, A., Currie, G., 2011b. The spatial context of transport disadvantage, social exclusion and well-being. *J. Transp. Geogr.* 19, 1130–1137. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2011.04.005>
- Dimitriou, H., Gakenheimer, R., 2012. *Urban transport in the developing world: A handbook of policy and practice*. Edward Elgar Pub, Cheltenham, UK.
- Dong, X., 2019. Martens: Transport Justice: Designing Fair Transportation Systems. *J. Am. Plan. Assoc.* 85, 75–76. <https://doi.org/10.1080/01944363.2018.1504574>
- Ernste, H., Martens, K., Schapendonk, J., 2012. The Design, Experience and Justice of Mobility. *Tijdschr. voor Econ. en Soc. Geogr.* 103, 509–515.

<https://doi.org/10.1111/j.1467-9663.2012.00751.x>

Fainstein, S.S., 2014. The just city. *Int. J. Urban Sci.* 18, 1–18. <https://doi.org/10.1080/12265934.2013.834643>

Forsyth, A., Southworth, M., 2008. Cities Afoot—Pedestrians, Walkability and Urban Design. *J. Urban Des.* 13, 1–3. <https://doi.org/10.1080/13574800701816896>

Fraser, N., 1998. Social justice in the age of identity politics: Redistribution, recognition and participation, Discussion Papers, Research Unit: Organization and Employment, FS I 98-108. Berlin Social Science Center.

Gilbert, A., 2015. Urban governance in the South: How did Bogotá lose its shine? *Urban Stud.* 52, 665–684. <https://doi.org/10.1177/0042098014527484>

Gilbert, A., 2008. Bus Rapid Transit: Is Transmilenio a Miracle Cure? *Transp. Rev.* 28, 439–467. <https://doi.org/10.1080/01441640701785733>

Gössling, S., 2016. Urban transport justice. *J. Transp. Geogr.* 54, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.05.002>

Gössling, S., Schröder, M., Späth, P., Freytag, T., 2016. Urban Space Distribution and Sustainable Transport. *Transp. Rev.* 36, 659–679. <https://doi.org/10.1080/01441647.2016.1147101>

Güneralp, B., Reba, M., Hales, B.U., Wentz, E.A., Seto, K.C., 2020. Trends in urban land expansion, density, and land transitions from 1970 to 2010: a global synthesis. *Environ. Res. Lett.* 15, 044015. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab6669>

Guzman, L.A., Arellana, J., Oviedo, D., Moncada Aristizábal, C.A., 2021. COVID-19, activity and mobility patterns in Bogotá. Are we ready for a ‘15-minute city’? *Travel Behav. Soc.* 24, 245–256. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2021.04.008>

Guzman, L.A., Bocarejo, J.P., 2017. Urban form and spatial urban equity in Bogota, Colombia. *Transp. Res. Procedia* 25, 4491–4506. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.345>

Guzman, L.A., Oviedo, D., 2018. Accessibility, affordability and equity: Assessing ‘pro-poor’ public transport subsidies in Bogotá. *Transp. Policy* 68, 37–51. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.04.012>

Guzman, L.A., Oviedo, D., Bocarejo, J.P., 2017a. City profile: The Bogotá Metropolitan Area that never was. *Cities* 60, 202–215. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.09.004>

Guzman, L.A., Oviedo, D., Rivera, C., 2017b. Assessing equity in transport accessibility to work and study: The Bogotá region. *J. Transp. Geogr.* 58, 236–246. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.12.016>

Guzman, L.A., Peña, J., Carrasco, J.A., 2020. Assessing the role of the built environment and sociodemographic characteristics on walking travel distances in Bogotá. *J. Transp. Geogr.* 88, 102844. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102844>

Hananel, R., Berechman, J., 2016. Justice and transportation decision-making: The capabilities approach. *Transp. Policy* 49, 78–85.

<https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2016.04.005>

IDU, 2020. Precios Unitarios de Referencia 2019-II + Mano de Obra [WWW Document]. URL <https://www.idu.gov.co/page/siipviales/economico/portafolio>

Jang, S., An, Y., Yi, C., Lee, S., 2017. Assessing the spatial equity of Seoul's public transportation using the Gini coefficient based on its accessibility. *Int. J. Urban Sci.* 21, 91–107. <https://doi.org/10.1080/12265934.2016.1235487>

Jian, I.Y., Luo, J., Chan, E.H.W., 2020. Spatial justice in public open space planning: Accessibility and inclusivity. *Habitat Int.* 97, 102122. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2020.102122>

Jones, P., Lucas, K., 2012. The social consequences of transport decision-making: clarifying concepts, synthesising knowledge and assessing implications. *J. Transp. Geogr.* 21, 4–16. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.01.012>

Karndacharuk, A., Wilson, D.J., Dunn, R., 2014. A Review of the Evolution of Shared (Street) Space Concepts in Urban Environments. *Transp. Rev.* 34, 190–220. <https://doi.org/10.1080/01441647.2014.893038>

Kennedy, C., Miller, E., Shalaby, A., Maclean, H., Coleman, J., 2005. The Four Pillars of Sustainable Urban Transportation. *Transp. Rev.* 25, 393–414. <https://doi.org/10.1080/01441640500115835>

Lefebvre, H., 1996. *The right to the city: Writings on Cities*. Wiley-Blackwell, Malden, Massachusetts.

Levy, C., 2015. Routes to the just city: Towards gender equality in transport planning, in: Moser, C.O.N. (Ed.), *Gender, Asset Accumulation and Just Cities: Pathways to Transformation*. Taylor & Francis, p. 15.

Levy, C., 2013. Travel choice reframed: “deep distribution” and gender in urban transport. *Environ. Urban.* 25, 47–63. <https://doi.org/10.1177/0956247813477810>

Lucas, K., 2012. Transport and social exclusion: Where are we now? *Transp. Policy* 20, 105–113. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.01.013>

Lucas, K., Porter, G., 2016. Mobilities and livelihoods in urban development contexts: Introduction. *J. Transp. Geogr.* <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.07.007>

Manaugh, K., Badami, M.G., El-Geneidy, A.M., 2015. Integrating social equity into urban transportation planning: A critical evaluation of equity objectives and measures in transportation plans in North America. *Transp. Policy* 37, 167–176. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2014.09.013>

Martens, K., 2020. How just is transportation justice theory? The issues of paternalism and production: A comment. *Transp. Res. Part A Policy Pract.* 133, 383–386. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.01.012>

Martens, K., 2017. *Transport Justice: Designing Fair Transportation Systems*. Routledge, New York.

Martens, K., Golub, A., Robinson, G., 2012. A justice-theoretic approach to the distribution

- of transportation benefits: Implications for transportation planning practice in the United States. *Transp. Res. Part A* 46, 684–695.
- Martens, K., Hurvitz, E., 2011. Distributive impacts of demand-based modelling. *Transportmetrica* 7, 181–200. <https://doi.org/10.1080/18128600903322333>
- Medaglia, A.L., Sarmiento, O.L., Guzman, L.A., Cabrales, S.A., Huertas, J.A., Palacio, A., Botero, M., Carvajal, G.A., van Laake, T., Higuera-Mendieta, D., 2020. Level of traffic stress-based classification: A clustering approach for Bogotá, Colombia. *Transp. Res. Part D Transp. Environ.* 85, 102420. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102420>
- Milieudefensie, 2017. *Van wie is de stad?* Milieudefensie, Amsterdam.
- Mullen, C., Tight, M., Whiteing, A., Jopson, A., 2014. Knowing their place on the roads: What would equality mean for walking and cycling? *Transp. Res. Part A Policy Pract.* 61, 238–248. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2014.01.009>
- Nello-Deakin, S., 2019. Is there such a thing as a ‘fair’ distribution of road space? *J. Urban Des.* 1–17. <https://doi.org/10.1080/13574809.2019.1592664>
- Oviedo, D., Dávila, J.D., 2016. Transport, urban development and the peripheral poor in Colombia - Placing splintering urbanism in the context of transport networks. *J. Transp. Geogr.* 51, 180–192.
- Oviedo, D., Guzman, L.A., 2020. Revisiting Accessibility in a Context of Sustainable Transport: Capabilities and Inequalities in Bogotá. *Sustainability* 12, 4464. <https://doi.org/10.3390/su12114464>
- Pereira, R.H.M., Schwanen, T., Banister, D., 2017. Distributive justice and equity in transportation. *Transp. Rev.* 37, 170–191. <https://doi.org/10.1080/01441647.2016.1257660>
- Rawls, J., 1999. *A Theory of Justice, Revised Ed.* ed. Harvard University Press, Boston.
- Samoli, E., Stergiopoulou, A., Santana, P., Rodopoulou, S., Mitsakou, C., Dimitroulopoulou, C., Bauwelinck, M., de Hoogh, K., Costa, C., Mari-Dell’Olmo, M., Corman, D., Vardoulakis, S., Katsouyanni, K., 2019. Spatial variability in air pollution exposure in relation to socioeconomic indicators in nine European metropolitan areas: A study on environmental inequality. *Environ. Pollut.* 249, 345–353. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.03.050>
- Santos, G., Behrendt, H., Maconi, L., Shirvani, T., Teytelboym, A., 2010. Part I: Externalities and economic policies in road transport. *Res. Transp. Econ.* 28, 2–45. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2009.11.002>
- Soja, E.W., 2010. *Why Spatial? Why Justice? Why L.A.? Why Now?*, Seeking Spatial Justice. University of Minnesota Press. <https://doi.org/10.5749/minnesota/9780816666676.003.0002>
- Szell, M., 2018. Crowdsourced Quantification and Visualization of Urban Mobility Space Inequality. *Urban Plan.* 3, 1–20. <https://doi.org/10.17645/up.v3i1.1209>
- Uteng, T.P., Lucas, K., 2017. *Urban Mobilities in the Global South*, Urban Mobilities in the Global South. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315265094>



-
- Vanoutrive, T., Cooper, E., 2020. How just is transportation justice theory? The issues of paternalism and production: A rejoinder. *Transp. Res. Part A Policy Pract.* 133, 387–390. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.01.011>
- Vanoutrive, T., Cooper, E., 2019. How just is transportation justice theory? The issues of paternalism and production. *Transp. Res. Part A Policy Pract.* 122, 112–119. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.02.009>
- Vasconcellos, E.A., 2014. *Urban Transport Environment and Equity, Urban Transport Environment and Equity: The Case for Developing Countries.* Routledge, London. <https://doi.org/10.4324/9781315071756>
- Vecchio, G., Tiznado-Aitken, I., Hurtubia, R., 2020. Transport and equity in Latin America: a critical review of socially oriented accessibility assessments. *Transp. Rev.* 40, 354–381. <https://doi.org/10.1080/01441647.2020.1711828>
- Wang, X., Rodríguez, D.A., Sarmiento, O.L., Guaje, O., 2019. Commute patterns and depression: Evidence from eleven Latin American cities. *J. Transp. Heal.* 14, 100607. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2019.100607>
- Zheng, N., Geroliminis, N., 2013. On the distribution of urban road space for multimodal congested networks. *Transp. Res. Part B Methodol.* 57, 326–341. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2013.06.003>