

DetECCIÓN Y MEDICIÓN DEL EFECTO DE LAS MACROBARRERAS URBANAS SOBRE LA CAMINABILIDAD. APLICACIÓN AL CASO DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES, ARGENTINA

Thomas Massin

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1841-061X>

Instituto Superior de Urbanismo, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires (ISU-FADU-UBA), Argentina.
Correo electrónico: tommassin@gmail.com

Marie Ghio

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5425-7552>

Instituto Nacional de Ciencias Aplicadas, Lyon, Francia

Resumen

Dentro de las directrices de la movilidad urbana sostenible, el modo peatonal desempeña un papel fundamental, ya sea como parte o totalidad de cualquier viaje, debido a su bajo impacto ambiental y su asequibilidad. Sin embargo, a menudo no se tiene en cuenta a los peatones cuando se analizan las pautas de movilidad. Así, los proyectos urbanos tienden a centrarse en el transporte masivo y en las infraestructuras urbanas, generando barreras y penalizando el modo peatonal. Este artículo desarrolla un método de evaluación del impacto del diseño urbano en los desplazamientos de los peatones. Para eso, propone evaluar la interacción entre la forma urbana y la movilidad peatonal a través de dos conceptos: 1) la macrobarrera urbana, entendida como un obstáculo que afecta el caminar al provocar un desvío para el peatón; y 2) la desviación, definida como la intensidad de la barrera. Usando datos abiertos y cartográficos, se realiza un análisis aplicado a Buenos Aires que permite detectar las barreras urbanas de macroescala. Se entregan soluciones para mejorar la experiencia de los peatones en función de varios aspectos del diseño urbano como la accesibilidad, la proximidad, la legibilidad y la complejidad.

Palabras clave

camionabilidad, barrera urbana, Buenos Aires, diseño urbano, forma urbana

DETECTION AND MEASURING THE EFFECT OF MACRO URBAN BARRIERS ON WALKABILITY. APPLICATION TO THE CASE OF THE CITY OF BUENOS AIRES, ARGENTINA

Clara Touzard

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7071-8670>

Instituto Nacional de Ciencias Aplicadas, Lyon, Francia.

Frédéric Blas

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6833-1100>

Universidad Torcuato Di Tella, Buenos Aires, Argentina.

Abstract

Within sustainable urban mobility guidelines, pedestrian mode plays a key role, as part or totality of any journey, due to its low environmental impact and affordability. However, pedestrians are often not considered when analyzing mobility patterns. Urban projects tend to focus on mass transport and urban infrastructure, creating urban barriers and penalizing the pedestrian mode. This article develops a method for assessing the impact of urban design on pedestrian travel. To do so, it proposes to evaluate the interaction between urban form and pedestrian mobility through two concepts: the "urban barrier", understood as an obstacle that affects walking, and "deviation", defined as the intensity of the barrier. An analysis applied to Buenos Aires to detect these urban barriers is done using open and cartographic data. Solutions to improve the pedestrian experience are delivered, highlighting various aspects of urban design such as accessibility, proximity, legibility and complexity.

Keywords

Buenos Aires, urban design, urban barrier, urban form, walkability

HISTORIAL DEL ARTÍCULO

Recibido:

29 de abril de 2021

Aceptado:

22 de junio de 2022

CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO

Massin, T., Ghio, M., Touzard, C. y Blas, F. (2022). Detección y medición del efecto de las macrobarreras urbanas sobre la camionabilidad. Aplicación al caso de la ciudad de Buenos Aires, Argentina. *Revista de Urbanismo*, (47), 207-222. <https://doi.org/10.5354/0717-5051.2022.61758>

Introducción

Los eventos recientes vinculados al COVID-19 pusieron a los peatones en el centro de la escena mundial de las discusiones en torno a las ciudades: considerando los modos de salida de los períodos de confinamiento, las ciudades han incentivado la caminata por sobre otras alternativas, tanto para mantener el distanciamiento social como para favorecer los trayectos cortos y locales para actividades cotidianas. Esta situación puede leerse como una reivindicación de la caminata, después de varias décadas de dominación del modo automóvil en los modelos de planificación urbana. La marcha a pie ya no puede ganar la mano cambiando solo las costumbres de los ciudadanos/as, se necesita modificar el diseño urbano actual y, específicamente, tener en cuenta la existencia de las barreras urbanas.

Este artículo tiene por objetivo presentar y discutir un método de detección de las macrobarreras urbanas, así como una evaluación de su intensidad. A grandes rasgos, y considerando únicamente la escala macro (barrio, ciudad), definimos las barreras urbanas como cualquier obstáculo de gran tamaño que impide que el recorrido peatonal sea el más corto posible. En este trabajo, no se examina la microescala, que abarca elementos puntuales que se encuentran en un recorrido a pie y dificultan la caminata¹. Desde el campo de la planificación urbana y de sus ramas de cultura visual y de evaluación de las políticas urbanas, este artículo presenta un método de visualización y jerarquización de las macrobarreras, basado en datos públicos y herramientas libres (QGIS) o gratuitas (Google Maps). Se desarrolla una metodología de análisis espacial que solo considera la dimensión geométrica visual de las barreras para detectarlas. El caso de aplicación es la ciudad de Buenos Aires en Argentina, pero la metodología fácilmente reproducible y apunta a posibilitar las comparaciones tanto geográficas (entre diferentes ciudades), como temporales entre diferentes momentos (evolución de las barreras urbanas).

1 Un ejemplo de una barrera de microescala es el de las aceras, cuya mala calidad o mantenimiento deficiente pueden obligar a un desvío en la caminata.

En primer lugar, el artículo expone el marco teórico del trabajo, así como las herramientas utilizadas para su aplicación. Como interpretación contextual de los datos espaciales, se caracteriza la ciudad de Buenos Aires a través de tres indicadores. Luego se presenta el método de detección y evaluación, con una aplicación de cálculo para 19 barreras de la ciudad y, finalmente, el artículo discute los límites y las posibles mejoras de la metodología.

Marco teórico

Los conceptos de caminabilidad y de barrera urbana permiten abarcar diferentes aspectos de la forma urbana y de la urbanidad en general, y ofrecen un enfoque relevante para los ámbitos teórico y práctico del urbanismo (Institut pour la Ville en Mouvement, 2017).

La caminabilidad en la planificación urbana

La celebrada vuelta a los modos blandos y a lo “local” se puede analizar como una tendencia de fondo, hoy considerada como la base de un sistema de movilidad urbana sustentable e inclusivo. Esto se explica principalmente por las externalidades positivas generadas por el modo peatón en contraposición con las negativas (por ejemplo, contaminación, congestión, accidentalidad) derivadas de un uso masivo del vehículo privado y a combustión interna (Parry et al., 2007), fruto, entre otros elementos, del diseño urbano que se ha impuesto entre las décadas de 1950 y 1970. Inspirada en las teorías del urbanismo moderno y funcionalista formulado por la Carta de Atenas en 1933, la perspectiva dominante era entonces la eficiencia y la velocidad de los desplazamientos en pos de la construcción de una ciudad ultraconectada, ultrafuncional en un sentido económico y ultradeshumanizada (Newman, & Kenworthy, 2015). Como contrapunto, Jane Jacobs (1961) y Jan Gehl (2010) promovieron los conceptos de densidad y diversidad de usos para localizar y acortar desplazamientos, además de favorecer la caminabilidad de los espacios urbanos.

El enfoque actual sobre la caminata hace hincapié en la dimensión ambiental, elemento clave en los objetivos

de sustentabilidad de las ciudades, así como profiláctica (Forsyth et al., 2010). Sin embargo, no debe olvidarse su dimensión social, siendo el modo de transporte más “socialmente igualitario”. Es fundamental considerar esta vertiente en los contextos urbanos de América Latina, donde la caminata es un modo muy relevante, sobre todo para los grupos de menores ingresos que no tienen muchas alternativas a disposición (Delclòs-Alió et al., 2022; Herrmann-Lunecke et al., 2020).

En este contexto, la caminabilidad o *walkability*, que puede definirse como “el grado en el que el entorno construido permite y alienta el caminar, proporcionando a peatones seguridad y comodidad, conectando personas con destinos varios dentro de un razonable tiempo, y ofreciendo un paisaje visual interesante” (Southworth, 2005, p. 248), brinda un marco conceptual fértil para trabajar el tema de las barreras urbanas.

Definición de barrera urbana y medición de sus impactos

La presencia de una barrera implica varias consecuencias para la caminabilidad, ya que puede provocar desvíos y, por lo tanto, distancias más largas a recorrer. Estos desvíos se explican por dos facetas que constituyen las barreras: por un lado, las dimensiones objetivas, materializadas por algún elemento físico; por el otro, las dimensiones subjetivas, sensoriales e inmateriales que afectan la legibilidad de un cierto contexto. A su vez, es importante distinguir entre la escala micro (escala inferior a la de una manzana: esquina, calle) y la escala macro (barrio, ciudad, metrópolis) de las barreras. La siguiente propuesta de tipologías toma en cuenta esta doble categorización (Tabla 1).

Estas múltiples dimensiones de las barreras urbanas hacen que el campo léxico disponible para describir

Tabla 1
Propuesta de tipologías de las barreras urbanas

Dimensión	Escala micro	Escala macro
Objetiva/física	<p>Elemento puntual de equipamiento urbano que se encuentra en un recorrido a pie y que impide un recorrido directo o dificulta la caminata.</p> <p>Ejemplos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acera deteriorada o muy angosta; • calle expuesta al sol o al ruido. 	<p>Artificial: gran infraestructura urbana, que impide un recorrido directo.</p> <p>Ejemplos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Infraestructura de transporte; • eje de transporte muy transitado, con pocas o sin senda peatonal y semáforo; • parcelas monofuncionales de gran tamaño. <p>Natural: cortes naturales, provocados por un río, un valle o un cerro.</p>
Subjetiva/mental/sensorial	<p>Elemento que provoca una percepción negativa (sensación de inseguridad, agorafobia, etc.), que impide un recorrido directo.</p> <p>Ejemplos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Presencia de ciertos grupos de personas; • presencia de una multitud. 	<p>Elemento de gran escala que provoca una discontinuidad urbana y dificulta la legibilidad del recorrido.</p> <p>Ejemplos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cambio brusco de uso de suelo; • grandes predios poco integrados al tejido y poco permeables.

Nota. Tabla elaborada con base en Ancaes, Boniface et al., 2016; Ancaes, Jones et al., 2016; Arellana et al., 2019, Jirón y Mansilla, 2013.

el concepto sea muy rico, lo que demuestra su complejidad. De hecho, numerosas palabras pueden vincularse con él. Estas pueden aludir a sus variadas manifestaciones espaciales (corte, ruptura, obstáculo, discontinuidad), sus reagrupaciones (fragmentación de la ciudad, frontera), o sus consecuencias en las dinámicas sociales y de desplazamiento (desaceleración, desvío, retraso, aislamiento, enclave), o incluso a su antídoto (pasaje, puente, paso, transición, continuidad). En tales condiciones, existen variadas investigaciones que abordan el tema de las barreras urbanas. Un trabajo muy relevante es el de Jirón y Mansilla (2013), que se interesa por la “espesura” que las barreras darían a la experiencia del espacio-tiempo del viajero. La espesura o intensidad de una barrera no es binaria, ya que un espectro entero de diferentes permeabilidades es posible: existen barreras que por su naturaleza hacen difícil garantizar permeabilidad (por ejemplo, una planta industrial grande) y otras que, con un diseño diferente, sí podrían facilitar la caminata de las personas (por ejemplo, infraestructuras de transporte).

En lo que se refiere al tipo de barreras analizadas en este artículo —las macro—, hay varios trabajos destacables. Por un lado, hasta ahora, las barreras han sido identificadas en el medio urbano esencialmente por las anomalías que ocasionan en la malla urbana. Para Héran y Ravalet (2008), estas son sobre todo cortes naturales (ríos, valles, cerros, entre otros) o artificiales (creados por el hombre, como las infraestructuras de transporte), y su intensidad depende del desvío que generan. A su vez para Drevon et al. (2017, p. 149), las barreras urbanas son definidas como “obstáculos naturales o artificiales, de los territorios sociales, étnicos o económicos que pueden frenar, alterar o impedir los desplazamientos, aumentando la distancia espacial y temporal”. A esta definición, le agregamos la noción de intensidad de las barreras, que refleja la dificultad, expresada en tiempo o en distancia que representa el hecho de cruzar o evitarlas.

Sin embargo, el concepto de barrera no puede reducirse a irregularidades en la red viaria. En efecto, Kostof (1993) consideraba que los datos espaciales

urbanos deben ser interpretados contextualmente para convertirse en información significativa —enfoque llamado narrativo—. En su trabajo sobre las comunidades cerradas de Guangzhou en China, Breitung (2011) aboga por la combinación de diferentes enfoques para analizar las fronteras urbanas teniendo en cuenta su naturaleza multidimensional. El espacio urbano está siempre compuesto por diversos límites creados por decisiones administrativas, por procesos de segregación social o cultural, por el diseño urbano, o por la representación mental del espacio. Así, Breitung (2011) y Drevon et al. (2017) incluyen en la definición de barrera una dimensión inmaterial vinculada con las representaciones interiorizadas por cada individuo. Las fronteras no se conceptualizan como bordes de áreas o territorios (*edges* descritos por ejemplo por Lynch, 1960), sino como discontinuidades que reducen la imaginabilidad y legibilidad del ambiente construido y afectan los desplazamientos.

En resumen, existen algunos trabajos orientados al estudio de las barreras urbanas para los automovilistas (Drevon et al., 2017) o para todos los modos de desplazamiento (Héran, & Ravalet, 2008), pero con menos frecuencia exclusivamente hacia los peatones (Rowlands, 2020). Por otra parte, según nuestro conocimiento, no existe una metodología que logre sistematizar la detección y la intensidad de las barreras de una forma que pueda ser utilizada fácilmente por los responsables políticos y los planificadores. En el contexto latinoamericano, donde los municipios pueden carecer de datos y limitaciones técnicas, nos parece fértil desarrollar un método de análisis que sea fácilmente aplicable. El siguiente trabajo toma como caso de estudio la detección de macrobarreras en la ciudad de Buenos Aires. El objetivo es analizar su recepción objetiva y global por parte del peatón en sus desplazamientos diarios, proponiendo un método sencillo y reproducible. Solo se han usado herramientas digitales gratuitas, con el objetivo de que este sea fácil y, a la vez, eficaz para identificarlas.

Caso de estudio: la ciudad autónoma de Buenos Aires

La ciudad autónoma de Buenos Aires (CABA), la capital argentina, con una superficie de 200 km², forma parte del Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA), que se considera como una metrópolis de rango Alpha, debido a su peso demográfico (alrededor de 15 millones de habitantes), económico (PIB estimado en 350 mil millones de dólares) y a su buena conectividad internacional. La CABA acoge 3 millones de personas y su periferia, compuesta por localidades con perfiles socioeconómicos y urbanos muy heterogéneos, alberga más de 12 millones de habitantes. En lo que respecta a la huella urbana metropolitana de Buenos Aires, la densidad de población estimada en 50 personas por hectárea está por debajo del umbral considerado sostenible para las zonas urbanas (70 p/ha, según Libertun de Duren, & Guerrero Compeán, 2016). Esta cifra baja se explica por la expansión urbana, mientras que el núcleo de la ciudad sigue siendo relativamente denso (con valores que llegan a 157 y 111 p/ha en un radio de 3 y 15 km del centro de la ciudad, respectivamente) (Blas et al., 2018).

Esta situación responde a una pauta histórica de crecimiento vinculada, en principio, con las redes de transporte colectivo. Sin embargo, dicha pauta cambió drásticamente con la llegada de la perspectiva centrada en el automóvil y las grandes inversiones en infraestructura vial en los decenios de 1970 y 1990 (Borthagaray y Natale, 2009; Ciccolella y Vecslir, 2012).

En consecuencia, la ciudad muestra ahora pautas de movilidad que dependen en gran medida del automóvil privado (45 % de la distribución modal) y que coexisten con una fuerte oferta de transporte público, que se distribuye entre una red ferroviaria metropolitana de siete líneas y 800 km, una red más limitada de metro con 70 km y una red de autobús muy desarrollada, con siete corredores exclusivos (Metrobús) de 62 km que llega a sostener el 81 % de los viajes realizados por el transporte público (Ministerio de Transporte, 2019).

En CABA, la red vial forma una malla regular compuesta de patrones rectangulares y ocupa un 28 % de la superficie urbana (incluyendo veredas). Este valor es alto y comparable con el tercio superior conformado

por ciudades “planificadas históricamente”, según el análisis del Programa de Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos [UN-Habitat] (2013).

Para explicar el desarrollo del modo peatonal en algunos barrios, evaluamos la ciudad a través de tres elementos que componen el espacio urbano: 1) los edificios y actividades asociadas; 2) las calles (aceras); y 3) los espacios verdes (parques y plazas). La utilidad de cada elemento y su percepción para un peatón es distinta, motivo por el cual se ha desarrollado un indicador para cada uno.

Primero, para caracterizar la complejidad del uso del suelo o del desorden urbano en la ciudad, utilizamos un indicador de entropía² desarrollado por Cervero y Kockelman (1997). La entropía de 0,44 obtenida para la CABA muestra una leve heterogeneidad en la distribución de las actividades, que se explica por las diferencias entre barrios: mientras algunas celdas de cálculo tienen menos de tres actividades (por ejemplo, áreas portuarias o industriales), otras más centrales presentan todas las categorías de uso del suelo.

El segundo elemento de la ciudad son las vías que conectan los edificios, que representan 13 % del espacio urbano. Sobre la base de Bourdic et al. (2012), estimamos la conectividad peatonal por barrio, que aparece como máxima en los barrios a la vez residenciales y de tamaño medio incluso pequeño (por ejemplo, Parque Chas o Villa del Parque). Los barrios más extendidos y ubicados, en general, a orillas del río de La Plata muestran una conectividad inferior (Núñez, Belgrano, Palermo, Recoleta y Retiro al norte; La Boca y Puerto Madero al este; Barracas, Villa Soldati y Villa Riachuelo al sur). Este resultado se explica por el carácter del uso del suelo: zonas portuarias, industrias o espacios verdes que son menos accesibles.

Finalmente, los espacios verdes representan entre el 8 % y el 10 % de la superficie de la ciudad, lo que es un valor bajo comparado con otras ciudades (World Cities Culture Forum, 2020). Nuevamente apoyándonos en la

2 La entropía permite determinar la legibilidad de la ciudad mediante la distribución de sus actividades. Se evalúa de 0 a 1: 0 significa ninguna complejidad y 1 significa un uso de la tierra muy variado.

definición de Bourdic et al. (2012), con un indicador de distributividad de 0,18, la CABA presenta una distribución global de estos espacios muy heterogénea y una fuerte distorsión por los barrios cercanos al río.

Además, los tres indicadores calculados están vinculados. Por ejemplo, las áreas con muchos espacios verdes tienen una entropía baja, y los barrios residenciales muestran lógicamente una conectividad peatonal importante. Así, los barrios del centro tienen una alta diversidad de uso del suelo y conectividad peatonal lo que favorece la eficiencia de los desplazamientos, lo cual se explica por un desarrollo histórico de la ciudad desde el centro, pero que deja a la vez pocos espacios verdes. Por otro lado, las zonas periféricas muestran una baja diversidad de uso al estar más especializadas en algunos tipos de uso del suelo (por ejemplo, industrias o residencias), lo cual se traduce en parcelas monofuncionales de gran tamaño y una baja conectividad peatonal. Algunas de estas parcelas corresponden a barreras urbanas que se identificarán en la siguiente parte de este artículo.

Así, estos indicadores permiten iniciar y apoyar el método cartográfico de detección de barreras urbanas desarrollado a continuación, calificando al mismo tiempo distintos aspectos de la forma urbana: legibilidad y policentrismo para la complejidad de uso del suelo; proximidad y accesibilidad para la conectividad de la red vial; imaginabilidad y ambiente para la distribución de los espacios verdes.

Metodología

La metodología contempla dos partes: identificación de las barreras y medición de sus impactos. Se aplica en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, sin considerar la periferia metropolitana que pertenece a otra jurisdicción, la provincia de Buenos Aires, donde existen menos datos. Para la primera parte, se identificaron las barreras gracias al software QGIS, para lo cual se llevó a cabo un tratamiento granulométrico sobre las capas disponibles en la página oficial del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires (Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, s. f. a, b, c,

d, e). Por otro lado, en la segunda parte se mide y compara el impacto de cada barrera mediante la generación de recorridos en Google Maps, a fin de evaluar al final el impacto global de la presencia y repartición de las barreras sobre los desplazamientos peatonales.

La elección de estas herramientas, que están disponibles de forma gratuita y que pueden ser ejecutadas en computadoras domésticas, se explica por las limitaciones financieras y de tiempo de este trabajo. Eso nos ha llevado a elegir los programas Google Maps y QGIS, con el objetivo de proporcionar un método accesible y reproducible por los equipos técnicos de los gobiernos locales de América Latina.

Identificación de barreras

Si bien la mayoría de las barreras visibles en el mapa de la ciudad son de formas poligonales y principalmente rectangulares debido al carácter de la malla urbana, también se observan barreras axiales que no se destacan por el criterio del perímetro. Añadimos a esta categoría los cambios abruptos de uso de suelo que dibujan ejes de fragmentación de la ciudad.

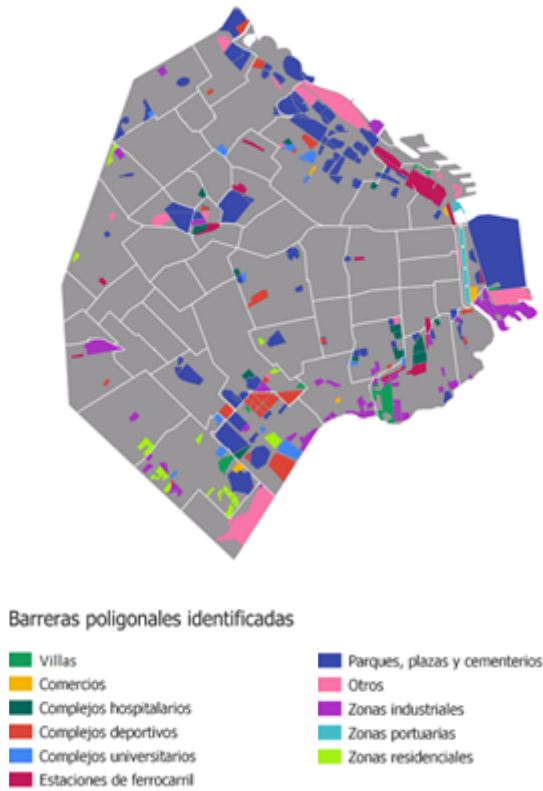
Tras la identificación espacial y geométrica de las barreras, pueden aparecer conjuntos de barreras yuxtapuestas que asimilamos a una única barrera poligonal, evaluando el impacto del conjunto.

Barreras poligonales: detección por granulometría de las manzanas.

Las manzanas destacadas por el criterio del perímetro están clasificadas según una lista definida a partir de los atributos de la capa utilizada y se basan en el panel de actividades identificadas por el Gobierno de Ciudad de Buenos Aires (Figura 1). Nos permite identificar las macroparcelas y las actividades que se realizan en cada una y así proponer una categorización de ellas.

La ciudad se caracteriza primero por zonas de actividades portuarias e industriales, ubicadas a orillas del río de La Plata al este y del Riachuelo al sur. Estas áreas crean una ruptura con el resto de la ciudad e

Figura 1
Barreras urbanas poligonales en la CABA



Nota. Adaptado de Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires (s.f. e).

impiden el acceso al agua. Al norte, la estación de ferrocarril de Retiro, combinada con el aeropuerto, refuerza la ruptura entre tierra y mar.

En el interior de la ciudad, existen complejos hospitalarios, deportivos y universitarios y residencias cerradas que tienen un impacto variable en función de si están agrupadas o aisladas.

Los parques, ubicados principalmente al noreste y al sur, tienen un estatuto variable entre pasaje y barrera para los peatones en función de la hora del día, los horarios de apertura, su dimensión, su diseño y sobre todo de su localización, periférica o céntrica.

Finalmente, las estaciones de ferrocarril y los asentamientos informales cobran otra dimensión, más

subjetiva. Pueden generar una atmósfera de inseguridad para el peatón y representar una ruptura social y urbana. En efecto, la malla es diferente, muy poco regular, con escasez de infraestructuras peatonales y pocas luces.

Barreras axiales: detección de los ejes de ruptura.

Son de dos tipos: los ejes de transporte y los cambios de uso del suelo. Los ejes de transporte son considerados como barreras si hay una ausencia o poca presencia de senda peatonal, semáforos, puentes o pasajes subterráneos, lo que implica más tiempo para atravesarlos. A su vez, los cambios bruscos de uso conllevan una legibilidad compleja, lo que puede implicar un desvío.

Ejes de transporte.

Entre estas barreras, los ferrocarriles son casos especiales: se componen de estaciones, asimiladas a barreras poligonales, y de ejes fuertes que recorren la ciudad hasta sus periferias. Para resaltarlos, elegimos combinar las capas de los ferrocarriles, de los puentes y de los túneles peatonales que cruzan (Figura 2). Consideramos como barrera una porción de ferrocarril sin posibilidad de cruce a lo largo de más de dos manzanas. Estos tramos suelen reforzar los clústeres previamente identificados o confundirse con las barreras poligonales, en cuyo caso solo se tiene en cuenta el conjunto.

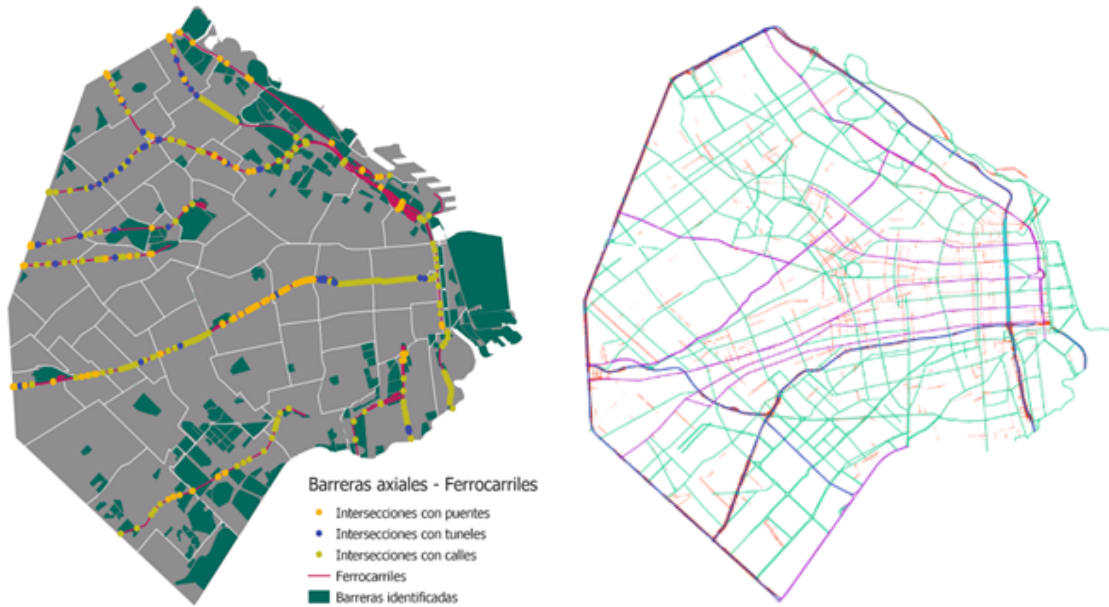
Luego, los ejes de circulación vehicular importantes (avenidas, autopistas) representan barreras por no poder cruzarse regular o rápidamente. Se identifican mediante un mapa de ruido, filtrando por nivel de ruido superior a 75 dB diurno (nivel sonoro desagradable), asociado a un archivo shape que representa los ejes de circulación (Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, s.f. b, d).

Las dos capas destacan los mismos ejes de circulación, en particular la autopista 25 de Mayo que cruza la avenida Perito Moreno más al sur, y las avenidas Lugones y Cantilo que se transforman en la avenida 9 de julio y en el Paseo del Bajo³.

3 Cabe señalar que no consideramos la circunvalación de la av. General Paz.

Figura 2

Ejes de ruptura ferrocarriles y ejes de circulación automóvil (identificados a partir de la compilación de los ejes de circulación por tipo y del mapa de ruido diurno superior a 75 dB), Buenos Aires, CABA.



Nota. Adaptado de Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires (s. f. b, c); OpenStreetMap.

Al sur de la ciudad, la presencia de la autopista 25 de Mayo combinada con un uso del suelo fuertemente industrial y con la existencia de numerosas barreras poligonales (dos clústeres, según la Figura 2) enclaustra la zona, lo que favoreció en los años 1930 la aparición de un asentamiento informal (villa 21-24). Al este, las avenidas Lugones y Cantilo forman parte del clúster litoral identificado anteriormente.

Cambio de uso del suelo.

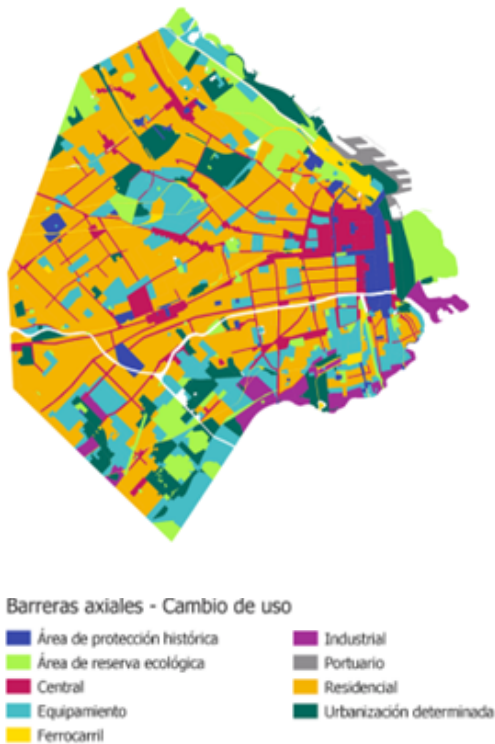
Un último tipo de barrera es el cambio brusco de uso del suelo, porque afecta la legibilidad del área y puede disuadir al peatón de seguir el camino más directo. En efecto, un cambio en el uso del suelo suele implicar una modificación en los edificios y en la malla urbana. Las rupturas de uso del suelo fueron identificadas mediante

la agrupación de las actividades en categorías del código de planeamiento de la ciudad de Buenos Aires (Figura 3) y se corresponden con los clústeres de barreras identificados anteriormente. Así se observa que las zonas portuarias constituyen largas barreras, como ya se ha visto, los parques, mayormente al noreste, y los equipamientos e industrias al sur.

Además, en los barrios del sur (del otro lado de la línea blanca en el mapa), el uso del suelo es muy heterogéneo, lo que afecta la legibilidad de estos barrios.

Por el contrario en el norte, a excepción de la zona portuaria, se encuentran principalmente áreas residenciales y denominadas “centrales” en el código de planeamiento de la ciudad de Buenos Aires. El centro

Figura 3
Repartición del uso del suelo en la CABA



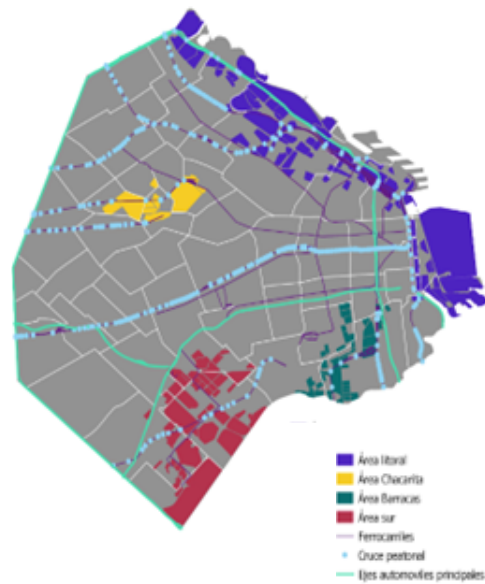
Nota. Adaptado de Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires (s. f., e).

de la ciudad se destaca al conformar un conjunto de “centrales” y áreas de protección histórica. Sin embargo, esta zona no es considerada como una barrera porque se puede cruzar.

Finalmente, existe una zona que constituye una barrera larga en Chacarita y Parque Chas, que corresponde al cementerio de Chacarita que es el más grande de la ciudad.

A raíz de esta identificación de las barreras urbanas de Buenos Aires, se observa una superposición entre los diferentes mapas de identificación. Ya sea a través del uso de los suelos, de la red vial o de las manzanas atípicas, se ponen de relieve cuatro grupos de barreras (Barracas, Chacarita, Litoral, Sur) (Figura 4).

Figura 4
Barreras poligonales y axiales Buenos Aires, CABA



Nota. Adaptado de Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires (s. f., e).

No todas las identificadas son iguales en cuanto a la frecuentación peatonal, la localización y a las mallas circundantes, por lo que no tendrán el mismo impacto sobre los desplazamientos peatonales.

Medición del impacto de las barreras

La medición del efecto barrera apunta a identificar qué tipo tiene más impacto en términos de forma, tamaño o localización, para luego comparar la ciudad con otras.

Diferenciación de las barreras por localización.

Distinguimos tres tipos de barreras en función de su localización:

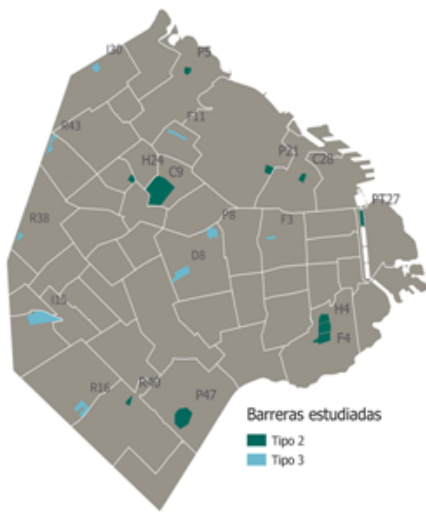
- Tipo 1: espacios fronterizos cuya malla y/o uso del suelo no permiten que sean considerados como destinos peatonales. Estas barreras son teóricamente infranqueables por un peatón, corresponderían a una distancia adicional infinita y, por ende, se descartan de la medición.
- Tipo 2: barreras pertenecientes a un clúster y donde

pueden aparecer interferencias entre barreras (por ejemplo, línea ferroviaria yuxtapuesta a una zona industrial) que distorsionan la medición. En este caso se considera el tipo de barrera con mayor impacto en el clúster.

- Tipo 3: barreras aisladas en la malla urbana, es decir, que no pertenecen a ningún clúster.

Diecinueve barreras de tipo 2 y 3 fueron identificadas con formas, tamaños y localizaciones distintas y se presentan a continuación. La referencia de cada una indica su función (letra) y su localización (número correspondiente al código oficial del barrio de Buenos Aires) (Figura 5).

Figura 5
Barreras seleccionadas para evaluar el efecto barrera en la CABA



Nota. C: Cementerio, D: Deporte, F: Ferrocarril, H: Hospital, I: Industria, O: Otro, P: Parque, PT: Zona portuaria, R: Residencia.

Medición del impacto de las barreras.

Con objeto de cuantificar la intensidad del efecto de una barrera sobre los desplazamientos peatonales,

utilizamos un indicador que traduce la noción de desvío⁴ (Héran, & Ravalet, 2008; Schaur, 1991)⁵:

$$Desvío = \frac{\text{(distancia recorrida)}}{\text{(distancia en línea recta)}}$$

Para ello, nos apoyamos en la generación manual de recorridos en Google Maps, herramienta que posibilita generar una distancia y un tiempo de recorrido comparable con la distancia en línea recta. Para cada barrera se generan entre cuatro y siete recorridos, y la distancia incremental representa el impacto de la barrera.

Los trayectos generados en Google Maps deben apoyarse en las intersecciones de la malla circundante. Así se posicionan los puntos de origen y de destino cada vez que esta es interrumpida por la barrera estudiada (Figura 6). Los recorridos se miden lo más cerca posible de la barrera, se posicionan preferentemente los puntos de origen y de destino en calles recorridas por los peatones (por ejemplo, están excluidos los caminos de tierra que bordean la vía férrea). El conjunto de recorridos debe tener en cuenta cada dimensión de la barrera (longitud y ancho).

4 “Desviación”, “coeficiente/indicador de desviación”, “multiplicador de distancias en línea recta”, “efecto barrera” son todos sinónimos en el texto.

5 Héran (2008) propone un método de evaluación de las barreras urbanas de la región parisina a través del indicador de desvío medio definido por Schaur (1991) (distancia recorrida/distancia en línea recta) y la tasa de accesibilidad (superficie realmente accesible/superficie accesible en línea recta). Luego, siguiendo la línea de Héran, Rowlands (2020) concibe un enfoque similar en los Estados Unidos, desarrollando el indicador Porcentaje Ideal Caminado (Percent Ideal Walkshed - PIW). Este porcentaje expresa la relación entre el área a la que se puede llegar caminando media milla desde el centro de un grupo de bloques censales, por un lado, y el área de un círculo con un radio de media milla, por otro. Aplicado al perímetro de varias áreas metropolitanas, Rowlands calcula un valor promedio de PIW, ponderado con las densidades de población promedio, y determina la calidad de la “experiencia al caminar” para el residente promedio.

Figura 6
Principio de generación de trayectos en Google Maps



El trayecto en línea recta considerado debe representar una prolongación realista de la malla existente en los alrededores de la barrera.

En complemento, desarrollamos dos índices de tamaño y forma para abordar la interrelación entre efecto barrera y las características espaciales de estas. En particular, la noción de perímetro parece ser más adecuada para representar el tamaño de la barrera (en vez de superficie), ya que permite caracterizar barreras de forma diferente, especialmente las muy alargadas.

$$\text{Indic.tamaño} = \frac{(\text{Perímetro barrera})}{(\text{Perímetro límite})}$$

$$\text{Indic.forma R} = \frac{1}{L}$$

l: longitud de barrera / L: ancho de barrera

El perímetro límite.

Es el utilizado como filtro para la selección de las barreras, es decir un kilómetro. El indicador R se calcula con el algoritmo “Recuadro delimitador

mínimo orientado” del programa QGIS, que delimita automáticamente el rectángulo de área mínima que cubre cada barrera poligonal, calculando la longitud y el ancho del rectángulo.

Resultados

Cabe recordar que siempre existen algunos desvíos para mantener espacios entre las infraestructuras: no puede haber solo trayectos rectos entre todos los puntos de origen y destino. En el entorno urbano, Héran y Ravalet (2008) estiman que el desvío medio normal es del 15 % al 25 % (por ejemplo, un indicador multiplicador de las distancias en línea recta de 1,15 a 1,25). Estar por debajo del 15 % implicaría saturar el espacio con carreteras en detrimento de los edificios, mientras que superar el 25 % provocaría alargamientos de recorrido disuasorios para los peatones. En Buenos Aires, todas las barreras se encuentran por encima del límite de Héran, lo cual se puede explicar por el hecho de que la estimación del autor no se limita a barreras, sino que incluye zonas urbanas completas. A continuación, representamos el desvío en función de los indicadores de tamaño y forma para visualizar posibles relaciones entre características espaciales y efecto barrera.

La Figura 7 permite comprobar que el tamaño de la barrera y su efecto no están relacionados de manera evidente. Como ejemplo, la barrera de mayor tamaño (Cementerio de Chacarita, C9+F9) implica un desvío inferior a 2. Asimismo, la barrera R43 (Residencia Villa Pueyrredón), de perímetro inferior a 2.500 m, genera un desvío de casi 5.

Así, se demuestra que un tamaño importante es condición necesaria, pero no suficiente para producir un efecto barrera importante. En efecto, todas las barreras con un efecto barrera importante (PT27, F11, R43; desvío superior a 3) tienen también un indicador de tamaño superior a 1,5.

Para aportar matices al análisis, se representa el desvío en función de la forma de la barrera (indicador de forma R) y, en la Figura 8, identificamos cuatro zonas de influencia diferente.

La zona 1 está constituida por barreras de formas asimilables a polígonos regulares (es decir, que se

Figura 7

Desvío medio generado por cada barrera en relación con su forma

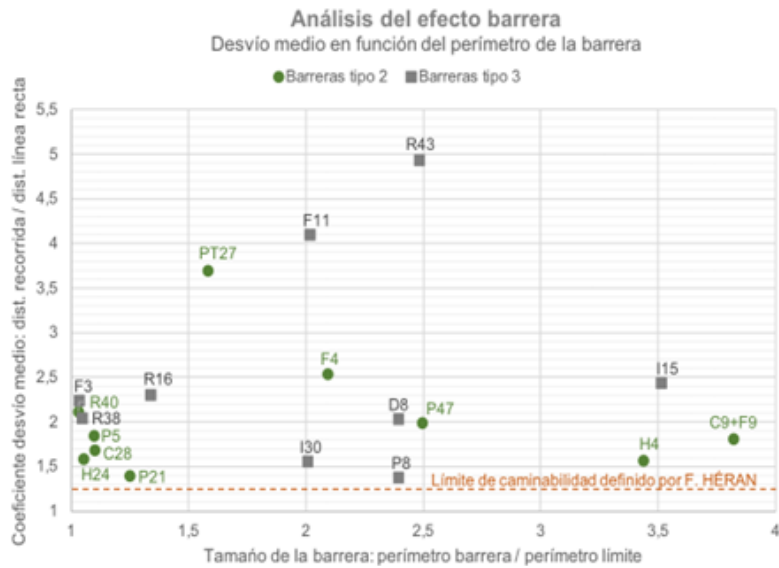
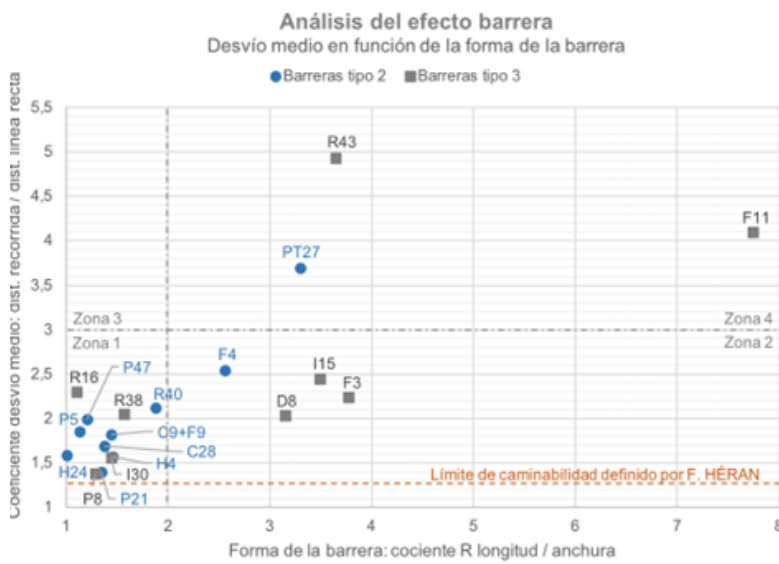


Figura 8

Desvío medio generado por cada barrera en relación con su forma



acercan al círculo o al cuadrado, con un indicador forma inferior a 2) y un indicador de desvío inferior a 3. Así, las características geométricas intrínsecas de estas barreras limitan sus efectos, motivo por el cual la zona 3 permanece vacía.

Las zonas 2 y 4 agrupan las barreras longitudinales (indicador R superior a 3), respectivamente, con un efecto barrera medio (entre 2 y 3) y fuerte (superior a 3). Estos resultados demuestran que existe una correlación significativa entre la forma de la barrera y su efecto: la forma alargada parece ser un factor agravante del efecto barrera.

En cierto modo, el indicador de forma R corresponde al efecto barrera intrínseco de la barrera, esto es el debido únicamente a sus características geométricas: cuanto más longilínea es una barrera (indicador R alto), mayor es la distancia adicional a recorrer en comparación con un trayecto en línea recta y, por ende, más fuerte es el efecto barrera.

No obstante, es de notar que el indicador R no es suficiente para medir la intensidad real de una barrera. Por ejemplo, la conectividad de la malla circundante, modificable mediante políticas de ordenamiento territorial y cambios en el modo de uso de estos espacios urbanos, también tiene un impacto en el desvío.

Asimismo, dos barreras con un mismo indicador R pueden corresponder a un índice de efecto barrera muy diferente: por ejemplo, R43 y F3, cuyo indicador R vale 3,7, generan un desvío de 4,9 y 2,2, respectivamente.

La barrera F3 dispone de varios paseos y pasarelas para cruzar el ferrocarril y la malla alrededor está bien conectada, lo que contribuye a disminuir la distancia adicional a recorrer.

Por otro lado, la malla circundante de la R43 es poco densa y podría influenciar el resultado al alterar los trayectos. Adicionalmente, la forma triangular de la barrera R43 aumenta la diferencia entre distancia recorrida y distancia en línea recta, en comparación con una barrera rectangular del mismo indicador R, poniendo en evidencia una limitación del indicador de forma elegido, que no posibilita capturar la geometría triangular de la barrera.

Por otra parte, los resultados no logran demostrar la existencia de una relación entre tipos de barreras (clúster de barreras, barreras aisladas) y desviación. Si el factor de forma integrase la malla circundante, también permitiría profundizar la comprensión del efecto de los clústeres de barreras.

Discusión

El trabajo realizado puede evaluarse a través de dos aspectos: la definición de barrera en el contexto de la planificación urbana y su conceptualización.

Matices sobre la definición de macrobarrera

La elección de las barreras se hizo según un criterio de tamaño, pero los resultados han demostrado que este no es el preponderante para explicar la relación entre el efecto barrera y las características espaciales de esta. La forma de la manzana, su inserción en la malla urbana y su conectividad con las manzanas circundantes son otros conceptos claves para comprender el efecto barrera. Tal como lo hemos mencionado, existen también criterios alternativos, ya sean ambientales (veredas de una carretera muy transitada y contaminada) o subjetivos (atravesar barrios de “mala fama”). Así, un peatón preferirá alargar su recorrido, pasando por calles o parques que conoce en lugar de bordear una ruta de alto tránsito. Asimismo, las opciones individuales de recorrido no son siempre elegidas de manera racional. Por lo tanto, resulta necesario incorporar estos criterios al análisis. Unas vías de ferrocarril fácilmente atravesables no deberían representar un obstáculo, pero si el cruce se hace por medio de túnel, podría disuadir a los peatones. En este contexto, es necesario que las infraestructuras peatonales para el cruce se consideren en el momento mismo de la construcción de la malla.

Además, es importante matizar la consideración de algunos espacios urbanos como barreras por su uso práctico. Es el caso de los parques, cuya influencia como barrera depende de la hora del día, del entorno y diseño. En Buenos Aires, los parques urbanos que se encuentran en medio de las plazas y que suelen contar con caminos peatonales pavimentados son más susceptibles de ser cortocircuitos para los peatones que los grandes parques que bordean la ciudad.

Finalmente, una barrera no tiene la misma intensidad según quien quiere cruzar. Algunas, como los asentamientos informales, los grandes conjuntos habitacionales con acceso controlado o los parques, serán atravesadas sin problemas por ciertos usuarios en función de su lugar de residencia, del destino del viaje, la hora de la jornada, su edad o su género.

Si bien estos matices son difíciles de traducir en un modelo matemático de detección y medición de barreras, es necesario que se incorporen a la hora de evaluar el impacto de una política sobre la “caminabilidad” de la ciudad. Así, para un análisis completo de las macrobarreras urbanas, hay que agregar otros elementos analíticos, como las dimensiones subjetivas o el grado de permeabilidad de una barrera, y así estudiar soluciones de diseño urbano adaptadas para facilitar la caminata de las personas.

Limitaciones del método de evaluación del efecto barrera con Google Maps

Una primera limitación es el hecho que el trabajo se apoya en datos abiertos únicamente, lo que puede limitar las fuentes disponibles. La segunda limitación refiere a la etapa de evaluación del efecto barrera. En efecto, la utilización de Google Maps es cuestionable porque el algoritmo funciona de manera poco transparente: la fuente de datos es inaccesible, y se desconoce si los datos provienen de trayectos reales, es decir, datos de usuarios o de simulaciones. Por otra parte, la selección manual de los trayectos puede parecer arbitraria, a pesar de la solidez de nuestro método. Una metodología automatizada de generación podría ser muy útil en este caso. Google, por ejemplo, ofrece una API que permite generar de manera aleatoria un gran número de trayectos, pero es difícil de tratar en nuestro caso, porque no funciona correctamente cuando la barrera estudiada pertenece a un clúster, la interpretación sigue siendo subjetiva y dependiente de las hipótesis de entrada.

Conclusiones

La interacción entre forma urbana y movibilidades constituye uno de los retos principales del desarrollo de las ciudades, en el contexto de crisis socioambiental. Este trabajo trató de contribuir tanto al conocimiento teórico de las barreras urbanas como a su gestión práctica: propone un método para identificar y jerarquizarlas, al tiempo que ofrece algunas claves de comprensión de los mecanismos del efecto barrera, así como pistas para su mediación. El método de detección de las barreras según la granulometría de la malla urbana que hemos desarrollado puede claramente ayudar a la planificación urbana, permitiendo a los responsables políticos y equipos técnicos identificar las parcelas en las que intervenir prioritariamente, o bien evaluando el impacto de sus políticas urbanas. A su vez, existen pistas para complementar este trabajo y los siguientes, entre ellas, un estudio innovador a considerar es el trabajo de Héran y Ravalet (2008). Los autores analizan la necesidad de espacio de un desplazamiento por el cálculo de los desvíos suplementarios para distintos modos (vehículos motorizados, ciclistas, peatones) y muestran que el enfoque por los desvíos es prometedor.

A pesar de sus limitaciones, creemos que la metodología que hemos desarrollado es útil en el contexto latinoamericano, donde, salvo algunas excepciones, los datos georreferenciados no son tan usuales como en otras regiones, lo que dificulta la detección de las macrobarreras. La simplicidad de uso del método presentado hace que se pueda utilizar con pocos recursos financieros y técnicos. Por lo tanto, el principal aporte es la detección de potenciales barreras, que es una pieza fundamental de la planificación urbana.

Para validar y ajustar el método, podría realizarse un trabajo similar sobre otras ciudades, y así hacer comparaciones en función de las formas urbanas de cada contexto. Asimismo, se podría considerar la creación de un método automatizado para la detección de barreras y la estimación de indicadores globales de cantidad y efecto de barreras. Además, el desarrollo de un indicador

de forma más precisa y completa podría ser una pista para evidenciar de modo más fuerte la relación entre las características espaciales y el efecto barrera.

Referencias

- Anciaes, P., Boniface, S., Dhanani, A., Mindell, J., & Groce, N. (2016). Urban transport and community severance: Linking research and Policy to link people and places. *Journal of Transport & Health*, 3(3), 268-277. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2016.07.006>
- Anciaes, P., Jones, P., & Mindell, J. (2016). Community Severance: Where Is It Found and at What Cost? *Transport Reviews*, 36(3), 293-317. <https://doi.org/10.1080/01441647.2015.1077286>
- Arellana, J., Saltarín, M., Larrañaga, A. M., Alvarez, V., & Henao, C. A. (2019). 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. *Transport Reviews*, 40(2), 183-203. <https://doi.org/10.1080/01441647.2019.1703842>
- Blas, F., Agosta, R., Massin, T., González, F. y Rodríguez, F. (23-27 julio de 2018). *Caracterización de la movilidad de las ciudades Latinoamericanas para la planificación futura* [Sesión de conferencia]. XX Congreso Latinoamericano de Transporte Público y Urbano, Medellín, Colombia.
- Borthagaray, A. y Natale, D. (2015). Estructura urbana, transporte y movilidad en la Región Metropolitana de Buenos Aires. En D. Soldano (Ed.), *Viajeros del conurbano bonaerense. Una investigación sobre las experiencias de movilidad en la periferia* (pp. 61-80). Ediciones UNGS.
- Bourdic, L., Salat, S., & Nowacki, C. (2012). Assessing cities: A new system of cross-scale spatial indicators. *Building Research & Information*, 40(5), 592-605. <https://doi.org/10.1080/09613218.2012.703488>
- Breitung, W. (2011). Borders and the City: Intra-Urban Boundaries in Guangzhou (China). *Quaestiones Geographicae*, 30(4), 55-61. <https://doi.org/10.2478/v10117-011-0038-5>
- Cervero, R., & Kockelman, K. (1997). Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2(3), 199-219. [https://doi.org/10.1016/s1361-9209\(97\)00009-6](https://doi.org/10.1016/s1361-9209(97)00009-6)
- Ciccolella, P. y Vecslir, L. (2012). Dinámicas, morfologías y singularidades en la reestructuración metropolitana de Buenos Aires. *riURB*, (8), 23-41.
- Delclòs-Alió, X., Rodríguez, D., Medina, C., Miranda, J., Avila-Palencia, I., Targa, F., Moran, M., Sarmiento, O., & Quistberg, A. (2022). Walking for transportation in large Latin American cities: walking-only trips and total walking events and their sociodemographic correlates. *Transport Reviews*, 42(3), 296-317. <https://doi.org/10.1080/01441647.2021.1966552>
- Drevon, G., Klein, O., & Gwiazdzinski, L. (2017). Identifier les barrières aux déplacements à partir de la vidéo géo-référencée. En L. Gwiazdzinski, G. Drevon, & O. Klein (Eds.), *Chronotopies. Lecture et écriture des mondes en mouvement* (pp. 148-158). Elya Editions.
- Forsyth, A., & Krizek, K. (2010). Promoting Walking and Bicycling: Assessing the Evidence to Assist Planners. *Built Environment*, 36(4), 429-446. <https://doi.org/10.2148/benv.36.4.429>
- Gehl, J. (2010). *Making Cities for People*. <https://gehlpeople.com/>
- Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. (s.f. a). Buenos Aires Data. [Conjunto de datos]. <https://data.buenosaires.gov.ar/dataset/>
- Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. (s.f. b). Callejero (SHP) [Archivo shapefile del callejero de la Ciudad] [Conjunto de datos]. Recuperado el 6 de noviembre de 2021 de <https://data.buenosaires.gov.ar/dataset/calles/resource/juqdkmgo-302-resource>
- Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. (s.f. c). Estaciones de ferrocarril (SHP) [Archivo shapefile de la red de ferrocarril en la Ciudad] [Conjunto de datos]. Recuperado el 6 de noviembre de 2021 de <https://data.buenosaires.gov.ar/dataset/estaciones-ferrocarril/resource/juqdkmgo-1024-resource>

- Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. (s.f. d). Mapa de ruido. Recuperado el 6 de noviembre de 2021 https://epok.buenosaires.gob.ar/pub/mapa/apra/medicion_de_ruido/
- Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires (s.f. e). Relevamiento Usos del Suelo [Conjunto de datos]. Recuperado el 6 de noviembre de 2021 <https://data.buenosaires.gob.ar/dataset/relevamiento-usos-suelo>
- Herrmann-Lunecke, M., Mora, R., & Sagaris, L. (2020). Persistence of walking in Chile: lessons for urban sustainability. *Transport Reviews*, 40(2), 135-159. <https://doi.org/10.1080/01441647.2020.1712494>
- Héran, F., & Ravalet, E. (2008). *La consommation d'espace-temps des divers modes de déplacement en milieu urbain. Application au cas de l'Île-de-France*. Ministère des transports; Université de Lille 1.
- Institut pour la Ville en Mouvement. (2017). *Le Manifeste du passage*. Edición del autor. <https://www.ville-en-mouvement.com/fr/content/le-manifeste-du-passage>
- Jacobs, J. (1961). *The Death and Life of Great American Cities*. Random House.
- Jirón, P. y Mansilla, P. (2013). Atravesando la espesura de la ciudad: vida cotidiana y barreras de accesibilidad de los habitantes de la periferia urbana de Santiago de Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, (56), 53-74. <https://doi.org/10.4067/s0718-34022013000300004>
- Kostof, S. (1993). *The City Shaped: Urban Patterns and Meanings Through History*. Bulfinch.
- Libertun de Duren, N., & Guerrero Compeán, R. (2016). Growing Resources for Growing Cities Density and the Cost of Municipal Public Services in Brazil, Chile, Ecuador, and Mexico. BID. <https://publications.iadb.org/publications/english/document/Growing-Resources-for-Growing-Cities-Density-and-the-Cost-of-Municipal-Public-Services-in-Brazil-Chile-Ecuador-and-Mexico.pdf>
- Lynch, K. (1960). *The Image of the City* (Harvard-MIT Joint Center for Urban Studies Series). The MIT Press.
- Ministerio de Transporte. (2019). Datasets, datos de transporte de la República Argentina [Conjunto de datos]. <https://datos.transporte.gob.ar/dataset?tags=SUBE>
- Newman, P., & Kenworthy, J. (2015). *The End of Automobile Dependence: How Cities are Moving Beyond Car-Based Planning*. Island Press.
- Parry, I. W. H., de Murallas, M., & Harrington, W. (2007). Automobile Externalities and Policies. *American Economic Association*, 45(2), 373-399. <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jel.45.2.373>
- Programa de Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos. (2013). *The relevance of street patterns and public space in urban areas*. <https://mirror.unhabitat.org/downloads/docs/StreetPatterns.pdf>
- Rowlands, D. C. (2020). *Understanding Walkable Density*. City observatory. <http://cityobservatory.org/understanding-walkable-density/>
- Schaur, E. (1991). *Ungeplante Siedlungen: Charakteristische Merkmale-Wegesystem, Flächenteilung*. *Mitteilungen des Instituts für Leichte Flachentragwerke* [Tesis de doctorado]. Universidad de Stuttgart, Alemania.
- Southworth, M. (2005). Designing the Walkable City. *Journal of Urban Planning and Development*, 131(4), 246-257. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9488\(2005\)131:4\(246\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9488(2005)131:4(246))
- World Cities Culture Forum. (2020). Public green space (parks and gardens) [Conjunto de datos]. <http://www.worldcitiescultureforum.com/data/of-public-green-space-parks-and-gardens>