

## Índice de caminabilidad para la ciudad de Bogotá

Walkability index for the city of Bogotá

Índice de caminabilidade para a cidade de Bogotá

**Julián Alberto Gutiérrez-López**

Universidad El Bosque Bogotá (Colombia)  
Departamento Administrativo de la Defensoría del Espacio Público,  
Bogotá (Colombia)  
Grupo de Estudios sobre Espacio Público de la Defensoría del Espacio Público.

**Yolanda Beatriz Caballero-Pérez**

Universidad Nacional del Colombia, Bogotá (Colombia)  
Facultad de Ciencias

**Rubén Alejandro Escamilla-Triana**

Departamento Administrativo de la Defensoría del Espacio Público,  
Bogotá (Colombia)  
Subdirección de Registro Inmobiliario  
Grupo de Estudios sobre Espacio Público

**Julián Alberto Gutiérrez-López**

Economista, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá (Colombia).  
Magíster en Ciencias Económicas, Universidad Santo Tomás, Bogotá (Colombia).

 <http://orcid.org/0000-0001-5296-0853>  
julkeled@hotmail.com

**Yolanda Beatriz Caballero-Pérez**

Ingeniera Catastral y Geodesta, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá (Colombia).

Especialista en Sistemas de Información Geográfica, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá (Colombia).

Magíster en Estadística, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá (Colombia).

 <http://orcid.org/0000-0002-5018-4261>  
ybcaballerop@unal.edu.co

**Rubén Alejandro Escamilla-Triana**

Ingeniero Catastral y Geodesta, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá (Colombia).

Especialista en Derecho Urbano, Universidad de los Andes.

 <http://orcid.org/0000-0002-4750-3727>  
rescamilla@dadep.gov.co

Gutiérrez-López, J. A., Caballero-Pérez, Y. B. & Escamilla-Triana, R. A. (2019). Índice de caminabilidad para la ciudad de Bogotá. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 21(1), 8-20. doi: <http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2019.21.1.1884>



<http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2019.21.1.1884>

### Resumen

La movilidad peatonal es un aspecto recurrente en los discursos de la ciudad actual. Se espera que en las ciudades se generen espacios urbanos que fomenten la caminabilidad y, de esta manera, se promueva la reducción de la movilidad vehicular y la recuperación de la calidad ambiental, a fin de mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. De esta manera, es necesario evaluar en términos cuantitativos las diferentes condiciones que permitan tener desplazamientos a pie, y con ello servir de base para la implementación de políticas de movilidad y espacio público que aporten a la generación de entornos más amigables. Para el caso de Bogotá se plantea la construcción y medición del índice de caminabilidad basado en cinco componentes: calidad ambiental, densidad, confort, proximidad y entropía aplicados en las Unidades de Planeamiento Zonal (UPZ), mediante el análisis de bases de datos espaciales y herramientas de sistemas de información geográfica (SIG). Se construye el índice entendiendo que es un indicador relativo de qué tan bien está el entorno construido en diferentes áreas para caminar, y qué condiciones de entorno propician dicho comportamiento. Se logra diagnosticar cuáles son los grados de caminabilidad por cada UPZ, y se distinguen diversas condiciones en los sectores analizados.

**Palabras clave:** calidad de vida; espacio público; espacio urbano; indicadores urbanos; modelo de ciudad compacta; urbanismo.

### Abstract

Pedestrian mobility has been a recurrent aspect in discourses on the contemporary city. It is expected that cities generate urban spaces that encourage walkability, promoting thus the reduction of vehicular mobility and the recovery of environmental quality, seeking to improve the quality of life of citizens. For this reason, it is necessary to quantitatively evaluate different conditions that allow citizens to have displacements on foot, and to use this as a basis for the implementation of mobility and public space policies that allow generating more pedestrian-friendly environments. In the case of Bogotá and its administrative divisions, the paper proposes the construction and measurement of a walkability index based on five components (environmental quality, density, comfort, proximity, and entropy) at the level of Zonal Planning Units (UPZ), through the analysis of spatial databases and Geographic Information System tools. This index is a relative indicator of how well the environment is constructed in different areas with respect to walking and what environmental conditions favor such behavior. It helps to diagnose the degree of walkability for each UPZ, as well as to distinguish diverse conditions in the analyzed areas.

**Keywords:** quality of life; public space; urban space; urban indicators; compact city model; urban planning.

### Resumo

A mobilidade de pedestres é um aspecto recorrente nos discursos da cidade atual. Espera-se que, nas cidades, sejam gerados espaços urbanos que fomentem a caminabilidade e, dessa maneira, seja promovida a redução da mobilidade veicular e a recuperação da qualidade ambiental a fim de melhorar a qualidade de vida dos cidadãos. Assim, é necessário avaliar, em termos quantitativos, as diferentes condições que permitem ter deslocamentos a pé e, com isso, servir de base para implantar políticas de mobilidade e espaço público que contribuam para gerar ambientes mais amigáveis. Para o caso de Bogotá, Colômbia, são propostas a construção e a mediação do índice de caminabilidade baseado em cinco componentes: qualidade ambiental, densidade, conforto, proximidade e entropia aplicados nas Unidades de Planejamento Zonal (UPZ), mediante a análise de bases de dados espaciais e ferramentas de sistemas de informação geográfica (SIG). Foi construído o índice entendendo que é um indicador relativo de quão bem está o ambiente construído em diferentes áreas para caminhar e quais condições de entorno propiciam esse comportamento. Pode-se diagnosticar quais são os graus de caminabilidade por cada UPZ e foram diferenciadas as condições nos setores analisados.

**Palavras-chave:** qualidade de vida; espaço público; espaço urbano; indicadores urbanos; modelo de cidade compacta; urbanismo.

## Introducción

El presente artículo se basa en el proyecto de investigación titulado “Índice de caminabilidad y precios del suelo” adelantado por el Grupo de Estudios sobre Espacio Público de la Defensoría del Espacio Público de Bogotá. Dicha investigación parte de la necesidad de reevaluar el planeamiento que tiene la ciudad hacia el peatón, reconociendo que caminar es la base de la pirámide de movilidad y como tal debe ser privilegiada ante las demás formas de transporte.

Partiendo de los principios de eficiencia y focalización del gasto público es indispensable diseñar metodologías que respondan el interrogante: ¿cuáles son las UPZ que presentan mejores y peores condiciones de caminabilidad? En este orden de ideas, se diseña un índice multidimensional, en cinco componentes, los cuales son calidad ambiental, densidad, confort, proximidad y entropía.

Para el desarrollo y el entendimiento del índice de caminabilidad es importante indagar qué significa este concepto, teniendo en cuenta que este adopta diferentes definiciones dependiendo de los escenarios en los que se aborde. Es por eso que en este trabajo se entenderá la caminabilidad basados en la definición de Leslie *et al.* (2007), citado por Fontan (2012), así:

La “caminabilidad” de una comunidad puede ser definida como la medida en que las características del entorno construido y el uso del suelo pueden o no ser propicias para movimientos de a pie para los residentes de una determinada zona, ya sea para desarrollar actividades de ocio, ejercicio o la recreación, o para acceder a los servicios, viajar o trabajar (p. 8).

La caminabilidad es un componente primordial en el diseño de los espacios urbanos, pues la viabilidad de esta constituye una alternativa fundamental a los problemas de movilidad de las ciudades, y una alternativa ambiental a los problemas de morbilidad, es por ello que un sinnúmero de autores han abordado el tema desde diferentes enfoques. Uno de estos es el enfoque de la salud, entre los autores de esta óptica encontramos a Zhu (2008), el cual analiza los diferentes componentes que debe tener un espacio, a fin de incentivar el hábito de caminar con el objetivo de prevenir enfermedades crónicas. Entre estos componentes el autor analiza la importancia de la seguridad a nivel de barrio y de la calle, y resalta el papel fundamental de esta en la toma de decisiones de los individuos al momento de realizar actividades al aire libre; dicho estudio fue desarrollado en la ciudad de Austin (Texas).

Por la misma línea, Rundle *et al.* (2009) y Rosenberg *et al.* (2009), en la ciudad de Nueva York, analizaron las características socioeconómicas y de entorno tales como: instalaciones recreo-deportivas, población, percepción y datos de seguridad, estética, continuidad y conectividad de las

calles, y las contrastaron con el índice de masa corporal (IMC) de los habitantes. En el caso de Rundle *et al.* (2009), al igual que con la decisión de realizar actividad física en el caso de Rosenberg *et al.* (2009), en la ciudad de Nueva Jersey se encuentran estudios interesantes como los de Greenberg y Renne (2005), los cuales analizan la caminabilidad, la inactividad física y la morbilidad, recurriendo al apoyo de la ciudadanía con el fin de realizar una reestructuración urbana que contara con la participación ciudadana. Todos los trabajos mencionados usan una metodología similar, que consiste en la recolección primaria de datos, junto con análisis de sectorización en términos de observación y percepción (seguridad, arbolado, mezclas de usos, etc.), analizados mediante herramientas de SIG.

Otros estudios se han enfocado en determinar los factores fundamentales que configuran la caminabilidad de las personas por las diferentes zonas de la ciudad. Dichos estudios serán fundamentales para este trabajo puesto que, dentro del mismo, no se plantea la recolección primaria de datos, la Tabla 1 muestra una revisión de la selección de variables en la medición de la caminabilidad, según diferentes autores.

En relación con la generación de actividad económica se han desarrollado otros trabajos, ya sea bajo su influencia en el comercio o en los precios del suelo. En esta vía encontramos planteamientos como los desarrollados por Smart Growth America (2014),

... estos encuentran que ciudades caminables tienen un Producto Interno Bruto per cápita 38% más alto que en aquellas que no lo son, atraen personas con mayor nivel educativo, debido a que son más equitativos socialmente gracias a menores costos de transporte y mayor acceso a diversas ofertas de trabajo compensan los mayor(es) costo(s) de las viviendas (Martínez, 2016, citado por Leinberger y Rodríguez, 2016).

Igualmente, el estudio *Walk this Way: The Economic Promise of Walkable Places in Metropolitan Washington, D.C.*, del instituto Brookings concluye:

Los lugares “caminables urbanos” poseen una economía mucha más activa que los “no caminables”, los lugares o distritos caminables que se conectan entre sí tienen rentas y valores de vivienda más altos, los residentes de los lugares más caminables tienen menores costos de transporte, mayor acceso a la infraestructura de transporte, pero rentas más altas, los residentes de los lugares menos caminables tienen menores ingresos y niveles educativos que los residentes de las zonas más caminables (Leinberger y Alfonso, 2012, p. 1).

En la ciudad de Bogotá, la caminabilidad adquiere relevancia en dos aspectos fundamentales. En términos de salud, promueve la actividad física y es una alternativa viable al transporte motorizado, que contribuye a disminuir la congestión vehicular y a la reducción de consumo de combustibles fósiles y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). En el segundo aspecto, se

Autores	Lugar	Variables
Owen, Humpel y Leslie (2004)	Adelaida (Australia)	Conectividad Mezcla de usos Comercio puntual Densidad de vivienda
Saelens, Sallis y Frank (2003)	Cincinnati (Estados Unidos)	Proximidad Densidad de usos Mezcla de usos Conectividad
Humpel, Owen, Leslie, Marshall, Bauman y Sallis (2004)	Adelaida (Australia)	Estética Tráfico Comodidad de las instalaciones Acceso
Leslie, Saelens, Frank, Owen, Bauman, Coffee, y Hugo (2005)	Adelaida (Australia)	Densidad de la vivienda Conectividad Usos del suelo Zonificación Superficie comercial
Frank, Sallis, Conway, Chapman, Saelens, & Bachman (2006)	Condado de King, Washington (Estados Unidos)	Mezcla de uso de la tierra La conectividad de la calle Densidad residencial Proporciones de superficie de ventas
Giles-Corti & Donovan (2002)	Australia	Acceso a espacios abiertos Acceso a la playa Estética del barrio Tráfico, carreteras más transitadas Aceras presentes Distancia caminando a tiendas
Rattan, Campese & Eden (2012)	Halton, Ontario (Canadá)	Paradas de tránsito Tiendas de comestibles Lugares de comida Tiendas de convivencia Escuelas
Agampatia (2014)	Nueva York (Estados Unidos)	Densidad residencial Índice de entropía Conectividad Proximidad Variables ambientales Densidad comercial

Tabla 1. Referentes internacionales en la selección de variables para la medición de caminabilidad

Fuente: elaboración propia, 2017.

configura en el estímulo a la actividad comercial, tal como se estipula en el plan de desarrollo de la ciudad (2016):

En la ciudad de Bogotá se adelantarán acciones para la promoción de calles comerciales a cielo abierto, para mejorar el potencial de la estructura económica y comercial urbana de la ciudad, dotándola con proyectos orientados a mejorar las condiciones de competitividad mediante el mejoramiento del espacio público. Del mismo modo, las calles comerciales a cielo abierto, se constituyen en ejes de promoción turística y de conectividad económica y ambiental (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2016, p. 179).

### Beneficios de los espacios caminables

Actualmente, las ciudades han encontrado en la planificación urbana un reto interesante para la conformación de lo que llamamos ciudad, por tanto, debe tener elementos consustanciales como tierra, transporte, vivienda, espacio público, equipamientos y servicios públicos que la distingan de lo que históricamente se entendían por villas. Es por ello que mejorar el ambiente urbano ha tomado un papel importante en la comunidad internacional, ya que esta labor está

encaminada a generar espacios en los cuales los individuos puedan realizar cotidianamente aspectos de convivencia, dado que esta configura demográfica, económica, social y políticamente la concepción de ciudad (Borja, 1998).

En la configuración de esa urbe, los espacios públicos son fundamentales dado que no solo repercuten en los aspectos mencionados, sino que son esenciales para la mejora en la calidad de vida de los habitantes (Fontan, 2012).

Una de las ventajas fundamentales de un territorio caminable es la facilidad que tienen los individuos de encontrar una amplia gama de bienes y servicios, sin incurrir en altos costos de transporte, lo que les permite ver la acción de caminar como un sustituto cercano y saludable a los desplazamientos motorizados.

En términos económicos, las ventajas de la caminabilidad están más allá del entendimiento de ciudad como un conjunto de factores de producción; en esta vía, el Premio Nobel de Economía, Robert Lucas (1988), plantea el siguiente interrogante, dado que el suelo es mucho más barato fuera de las grandes ciudades, ¿por qué las personas o las

empresas no se mudan y aprovechan los menores costos para aumentar sus beneficios? Dicho interrogante devela que, en términos de preferencias, tanto los individuos como las firmas desean u obtienen utilidad por las localizaciones con presencia de más personas o de aglomerados, en este sentido, dicha preferencia por este tipo de localizaciones implica que la caminabilidad repercute directamente en los valores de la propiedad. La Figura 1 muestra de manera simplificada los principales beneficios la caminabilidad en un entorno urbano; como se mostró, la preferencia por la caminabilidad genera externalidades económicas y sociales como son los menores costos de transporte, menor contaminación, mayores interacciones sociales, entre otras.

zamiento hacia este tipo de sitios; lugares con un mayor número de paradas de transporte público, animarán a las personas a desplazarse a estos, al igual que barrios con senderos peatonales seguros y estéticamente agradables configurarán un aspecto importante en la caminabilidad.

Es por esto que, para analizar el impacto de las variables en la caminabilidad, es importante identificar aquellas que sean pertinentes, medibles y fáciles de comprender. En esta vía, la Secretaría de Planeamiento de Buenos Aires (Álvarez de Celis et al., 2014) desagrega las variables que considera pertinentes en la medición (Tabla 2).

Figura 1. Beneficios de la caminabilidad

Fuente: elaboración propia, 2017. CC BY-NC.



## Aspectos que hacen un espacio caminable

Ciertas particularidades del entorno influyen en la decisión de las personas en sus diferentes patrones de viaje, lo que conlleva la decisión de caminar y por dónde hacerlo. Por ejemplo, en los barrios con una amplia presencia de comercio, de colegios y demás, las personas estarían dispuestas a ir de compras por artículos básicos o ir a llevar a sus hijos al colegio a pie en lugar de ir en un vehículo. Asimismo, barrios con niveles de densidad poblacional altos presentarán mayores niveles de dotaciones que incentiven el despla-

Variables de caminabilidad		Recomendaciones
Mixtura de usos	Mixtura de uso	Comercio minorista, oficinas, institucional. Diversidad de viviendas.
Atractores peatonales	Accesibilidad / conveniencia (proximidad a destinos)	Los destinos más importantes ubicados en proximidad entre sí y a sectores residenciales. No más de 400 metros entre origen y destino.
Densidad	Densidad	Densidad edilicia combinada con una adecuada cantidad de espacios verdes. Alta densidad de empleo.
Acceso a espacios verdes	Presencia de parques, plazas y espacios abiertos	Espacios abiertos públicos a escala barrial. Sendas peatonales y veredas conectadas con espacios abiertos. Áreas recreacionales.
	Calmando de tráfico	Máxima velocidad: 30 a 50 km/h. En torno a escuelas: 25 a 30 km/h. Medidas de calmando de tráfico: angostamientos.
Confort peatonal	Calidad estética	Calidad arquitectónica edilicia. Tratamiento paisajístico en torno a residencias, áreas comerciales y espacios públicos. Áreas peatonales bien iluminadas.
	Servicios e infraestructuras peatonales (veredas, cruces peatonales, etc.)	Veredas de 3 a 5 m de ancho como mínimo (zonas residenciales y comerciales respectivamente). La franja de área verde debe estar presente siempre que sea posible. Cobertura debe abarcar al menos al 80% de las casas y calles.
Calidad ambiental	Calidad ambiental	Arbolado urbano. Baja contaminación acústica. Baja contaminación atmosférica.

Tabla 2. Características básicas de un entorno caminable

Fuente: Álvarez de Celis et al. (2014, p. 18).

## Metodología

Para la construcción del indicador de caminabilidad en las diferentes Unidades de Planeamiento Zonal (UPZ) de la ciudad de Bogotá se tomaron como referencia las metodologías existentes para el cálculo de índices multivariados, considerando los referentes internacionales ya descritos, y se realizaron revisiones de la información disponible en la ciudad. Las variables fueron seleccionadas bajo los principios de pertinencia, funcionalidad, disponibilidad, confiabilidad y utilidad. Asimismo, se verificó el cumplimiento de criterios de calidad estadística, relevancia, credibilidad, accesibilidad, oportunidad y coherencia.

Las variables seleccionadas se agruparon en cinco subíndices (Tabla 3), la medición de cada variable y subíndice fue realizada por cada UPZ.

El cálculo de cada uno de los índices, y las variables que lo componen, se realizó mediante análisis de microdatos provenientes de bases de datos espaciales y alfanuméricas, por medio del uso de herramientas de sistemas de información geográfica (SIG) y paquetes estadísticos.

### Subíndice de calidad ambiental

El subíndice de calidad ambiental agrupa variables que se relacionan con la calidad ambiental del entorno a nivel UPZ. Para este caso se consideraron las variables de densidad de arbolado urbano construido con la información suministrada por el Jardín Botánico José Celestino Mutis<sup>1</sup>, el área de parque dentro de la UPZ construida con la información suministrada por el Departamento Administrativo de la Defensoría del Espacio Público<sup>2</sup> y el Instituto Distrital de Recreación y Deporte<sup>3</sup>, y la variable de material particulado menor a 10 micras - PM10, construida con la información suministrada por la Secretaría Distrital de Ambiente<sup>4</sup>.

La calidad ambiental para este caso se calcula como la interacción de las tres variables que componen el subíndice, asignando el mismo peso a cada una, de modo que el subíndice de calidad ambiental para cada UPZ ( $S_1$ ) se define como:

$$S_1 = \frac{AU_E + P + (1 - PM_E)}{3} \quad (1)$$

$S_1$  se encuentra en el rango [0,1], valores cercanos a 1 representan mayor calidad ambiental y condiciones más propicias para caminar.

### Densidad de arbolado urbano

El Jardín Botánico de Bogotá (Base de Datos Geográfica Corporativa, SDP, 2016) reportó un

total de 1'257.094 árboles urbanos. Para cada UPZ se define la variable aleatoria densidad de arbolado urbano (AU) como el número de árboles por hectárea:

$$AU = \frac{\text{Número de árboles en la UPZ}}{\text{Área de terreno de la UPZ (ha)}} \quad (2)$$

Definida la variable, esta se escala con el fin de que se distribuya dentro del rango [0,1]. La variable escalada  $AU_e$  se calcula como:

$$AU_e = \frac{AU - AU_{min}}{AU_{max} - AU_{min}} \quad (3)$$

### Proporción de área de parque por UPZ

Tomando como fuente la capa de parques de la Defensoría del Espacio Público (2016), y a modo complementario la información reportada por el Instituto Distrital de Recreación y Deporte<sup>5</sup>, se calcula la proporción de área de parque con respecto al área total de terreno para cada UPZ. De modo que la variable proporción de área de parque (P) se define como:

$$P = \frac{\text{Área total de parque en la UPZ (m2)}}{\text{Área de terreno de la UPZ (m2)}} \quad (4)$$

### Material particulado inferior a 10 $\mu$

El valor de material particulado inferior a 10 $\mu$  (PM10) indica la concentración de partículas menores a 10 micras en un metro cúbico de aire, se expresa en micras por metro cúbico y toma valores de cero en adelante. Para su estimación por UPZ se tomó como fuente información de la Secretaría Distrital de Ambiente, la variable se define como:

$$PM = E[PM10] = \sum_{K=1}^n [PM10_K] \frac{A_K}{A} \quad (5)$$

Donde  $A$  es el área de la UPZ, y  $A_K$  corresponde a la subdivisión de la UPZ en  $n$  subregiones, cada una de ellas con un valor de  $PM10_K$ .

Con el fin de que la variable tome valores entre cero y uno esta se escala de la siguiente manera:

$$PM_e = \frac{PM - PM_{min}}{PM_{max} - PM_{min}} \quad (6)$$

### Subíndice de densidad

Este subíndice agrupa variables relacionadas con densidad tanto poblacional como de ocupación y construcción. Se consideró la información de proyecciones de población a nivel de UPZ calculadas por la Secretaría Distrital de Planeación<sup>6</sup>. Para el caso de ocupación y construcción se toma como fuente la información proveniente de la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital.

1 Cálculos propios con información reportada a la Base de Datos Corporativa de la Secretaría Distrital de Planeación, 2016.

2 Cálculos propios con información del Sistema de Información Geográfica de la Defensoría del Espacio Público, 2016.

3 Cálculos propios con información reportada a la Base de Datos Corporativa de la Secretaría Distrital de Planeación, 2016.

4 *Idem*.

5 *Idem*.

6 Cálculos propios con proyecciones de población por UPZ y Base de Datos Corporativa de la Secretaría Distrital de Planeación, 2016.

Subíndice	Variables que lo conforman
Calidad ambiental	Arbolado urbano
	Proporción de área de parque
	Material particulado menor a 10 micras
Densidad	Densidad poblacional
	Índice de ocupación
	Índice de construcción
Proximidad	Distancia a equipamientos en un rango de 1 km
Confort	Disponibilidad de andén
	Conectividad
	Pendiente Dotación
Entropía	Mezcla de usos Empleo

Tabla 3. Subíndices que conforman el índice de caminabilidad calculado y las variables que lo componen

Fuente: elaboración propia, 2017.

El subíndice de densidad  $S_2$  se calcula como la interacción de las tres variables que lo componen, se define como el promedio ponderado de las variables escaladas densidad poblacional (DPE), índice de construcción (ICE) y la variable índice de ocupación (IO) se define como:

$$S_2 = \frac{DPE + IO + ICE}{3} \quad (7)$$

### Densidad poblacional

La densidad poblacional se calcula en términos de habitantes por hectárea a nivel de UPZ y está definida como:

$$DP = \frac{\text{Población UPZ}}{\text{Área de terreno de la UPZ}} \quad (8)$$

Se realiza escalado de la variable DP para que tome valores dentro del rango [0,1], de modo que la variable escalada DPE se calcula como:

$$DPE = \frac{DP - DP_{min}}{DP_{max} - DP_{min}} \quad (9)$$

### Índice de construcción

Mediante técnicas de análisis espacial se calcula el área construida total<sup>7</sup> para la UPZ (AC) como:

$$AC = C * (NP + S + SS)$$

Donde  $c$  representa el área de terreno ocupada por la construcción,  $NP$  el número de pisos, y  $s$  y  $ss$  representan el número de sótanos y semi-sótanos. Obtenida el área construida, se calcula el índice de construcción como el cociente de área construida de la UPZ sobre su área de terreno, se define como:

$$IC = \frac{AC}{\text{Área de terreno de la UPZ}} \quad (10)$$

<sup>7</sup> Cálculos propios con información del Mapa de Referencia de Bogotá de la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital, 2016.

Se realiza escalado de la variable IC para que tome valores dentro del rango [0,1], de modo que la variable escalada  $IC_e$  se calcula como:

$$IC_e = \frac{IC - IC_{min}}{IC_{max} - IC_{min}} \quad (11)$$

### Índice de ocupación

El área ocupada corresponde al área de terreno de una UPZ que se encuentra edificada<sup>8</sup>, el índice de ocupación se define como el cociente del área ocupada sobre el área de terreno de la UPZ (11), es una proporción y, por lo tanto, puede tomar valores en el rango [0,1]. El cálculo de área ocupada por UPZ se realizó mediante técnicas de análisis espacial.

$$O = \frac{\text{Área ocupada UPZ}}{\text{Área de terreno UPZ}} \quad (12)$$

### Subíndice de proximidad

Este subíndice agrupa variables de proximidad, entendiéndola esta como el número y la variedad de destinos dentro de una determinada área. Para su construcción se realizó un análisis de información reportada en la Base de Datos Corporativa de la Secretaría Distrital de Planeación (SDP), el Mapa de Referencia de la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital y el Sistema de Información Geográfica de la Defensoría del Espacio Público.

El cálculo del subíndice contempla la localización de las siguientes variables en un radio de 1 km del contorno de cada manzana:

1. Estaciones de TransMilenio.
2. Paraderos del SITP.
3. Equipamientos de culto.
4. Equipamientos de cultura.
5. Equipamientos de deporte y recreación.

<sup>8</sup> Cálculos propios con información del Mapa de Referencia de Bogotá de la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital, 2016.

6. Equipamientos educativos.
7. Equipamientos de educación superior.
8. Equipamientos de interacción social.
9. Equipamientos de recintos feriados.
10. Equipamientos de salud.
11. Equipamientos de sedes administrativas.
12. Equipamientos de seguridad.
13. Equipamientos de seguridad alimentaria.
14. Zonas verdes.
15. Parques.

Donde  $Dist_i$  corresponde a la distancia Euclidiana del contorno de la manzana a cada posible equipamiento en un radio de 1 km, y corresponde a cada manzana contenida dentro de la UPZ.

$$S3 = \frac{\sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^{15} (1Km - Dist_i)}{N^{\circ} \text{ de Manzanas}} \quad (13)$$

Se realiza escalado del subíndice para que tome valores dentro del rango [0,1], de modo que el índice escalado  $S3_E$  se calcula como:

$$S3_e = \frac{S3 - S3_{min}}{S3_{max} - S3_{min}} \quad (14)$$

### Subíndice de confort

Este subíndice de Confort agrupa variables que se relacionan con la amabilidad del entorno con el caminante. Se tuvo en cuenta conectividad, pendiente y disponibilidad de andén, estos datos fueron obtenidos mediante cálculos propios tomando como base información espacial del Instituto de Desarrollo Urbano.

El subíndice de confort  $S_4$  se calcula como la interacción de las cuatro variables que lo componen, se define como el promedio ponderado de las variables disponibilidad de andén ( $AN$ ), dotación ( $DOT$ ), pendiente ( $PEN$ ) y conectividad ( $CON$ ).

$$S_4 = \frac{AN + DOT + PEN + CON}{4} \quad (15)$$

### Disponibilidad de andén

Para evaluar la disponibilidad de andén ( $AN$ ) en cada UPZ se tienen en cuenta la proporción de área de andén como indicador de abundancia y el ancho calculado de cada segmento como una medida de calidad. Debido a que la información espacial reportada no cuenta con datos consistentes y completos para el cálculo del ancho del andén, se realizó una estimación, asumiendo los andenes de la ciudad como un rectángulo de lado  $h$  y largo  $b$ , donde el área del rectángulo está determinada por  $A=b \cdot h$  y el perímetro está determinado por  $P=2b + 2h$ , por lo tanto,  $b=(p-2h)/2$ . Reemplazando el  $b$  estimado en la fórmula de área, se obtiene:

$$h = \frac{p}{4} - \sqrt{\frac{p^2}{16} - A} \quad (16)$$

Por lo tanto, la disponibilidad de andén se define en función de la abundancia de este en el área de la UPZ y ancho de segmento; la ecuación muestra la metodología de cálculo de la variable  $AN$ .

$$AN = \frac{\sum_{i \in UPZ} A_i h_{iE}}{A} \quad (17)$$

Donde  $A_i$  corresponde al área del segmento de andén,  $h_{iE}$  al ancho escalado del segmento  $i$  de andén, y  $A$  al área de la UPZ.

### Conectividad

Para calcular la conectividad de cada UPZ (C) se tuvo en cuenta la densidad de nodos y el número de conexiones de cada nodo, definiendo nodo como una intersección vial. Para la zona urbana del Distrito Capital se identificó un total de 77.623 nodos, para cada nodo se calculó, mediante técnicas de análisis espacial, la cantidad de segmentos de vía que se conectan. A esta variable se le llamó conexión (Con), en la Figura 2 se muestran dos ejemplos de medición de la variable, a la izquierda un nodo en el que se conectan siete segmentos de vía (Con = 7) y a la derecha un nodo que corresponde a una calle cerrada (Con = 1).

Cerca del 62% de los nodos conectan 3 segmentos viales y el 29% conectan 4, solamente 4 nodos viales en el Distrito Capital conectan 7 segmentos viales, este es el valor máximo. Se puede resaltar la frecuencia de vías cerradas, que corresponden a cerca del 8% de los nodos.

Adicionalmente, se calcula la densidad de nodos viales por hectárea para cada UPZ (DN), una mayor densidad de intersecciones se relaciona también con mejores condiciones para caminar.

### Pendiente

Para calcular la variable pendiente para cada UPZ (C) se tuvo en cuenta la pendiente de cada uno de los andenes y se ponderó mediante el área del andén sobre el total de andenes de la UPZ

$$PEN = \frac{\sum \text{Pendiente del andén} \cdot \text{área del andén}}{\text{Área del total de andenes de la UPZ}} \quad (18)$$

Para el cálculo de cada andén se tomó como referente la cobertura de curvas del nivel de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, reportada en la Base de Datos Corporativa de la SDP, y con ello se determinó la cota más alta y la cota más baja, y calculando el largo del andén mediante la ecuación (19), se determinó la pendiente.

Se realiza escalado de la variable para que tome valores dentro del rango [0,1], de modo que la variable  $PEN_e$  se calcula como:

$$PEN_e = \frac{PEN - PEN_{min}}{PEN_{max} - PEN_{min}} \quad (19)$$



Figura 2. Ejemplos del cálculo de conectividad en el área urbana de Bogotá

Fuente: imagen base Ortofoto UAEDC, 2014 y elaboración propia, 2017. CC BY-NC.

### Dotación

Para calcular la variable de dotación se tomó la información espacial reportada por Codensa correspondiente a las luminarias de la ciudad, la información del Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) con respecto a la cantidad de puentes peatonales por UPZ, la información del Departamento Administrativo de Defensoría del Espacio Público (DADEP) correspondiente al número de canecas de basura y sillas, y la información de la Secretaría de Movilidad con respecto a la cantidad de semáforos. Con dicha información se estimó la cantidad de cada atributo anteriormente mencionado, con respecto al área de la UPZ, de donde se obtuvo la variable dotación, como se muestra a continuación.

$$DOT = \frac{Pue + lum + c \& b + sem}{4} \quad (20)$$

Donde *pue* corresponde a la cantidad de puentes con respecto al área en hectáreas de la UPZ, *lum* corresponde a la variable escalada de la cantidad de luminarias con respecto al área en hectáreas de la UPZ, *c&b* corresponde a la variable escalada de la cantidad de cestas y bancas con respecto al área en hectáreas de la UPZ, y corresponde a la cantidad de semáforos con respecto al área en hectáreas de la UPZ.

### Subíndice de entropía

El subíndice de entropía agrupa variables relacionadas con la diversidad de los usos del suelo, como datos del empleo; se consideró la información de personal ocupado a nivel de UPZ según cálculos de la Secretaría Distrital de Planeación, y la información de los usos del suelo tomando como fuente la información proveniente de la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital.

El subíndice de entropía  $S_5$  se calcula como la interacción de las dos variables que lo componen, se define como el promedio ponderado de las variables empleo (EM), y mezcla de usos (MU)

$$S_5 = \frac{EM + MU}{2} \quad (21)$$

### Mezcla de usos

Para calcular la mezcla de usos del suelo se utilizará la siguiente fórmula de entropía, con la

Conexiones	1	2	3	4	5	6	7
Frecuencia	6012	3	48.247	22.509	740	108	4
%	8	0	62	29	1	0	0

Tabla 4. Tabla de frecuencias de conexiones viales para el área urbana de la ciudad de Bogotá

Fuente: elaboración propia, 2017.

finalidad de ver si hay homogeneidad o heterogeneidad en los atributos de los usos del suelo:

$$MU = \frac{-\sum_k p_k \ln(p_k)}{\ln N} \quad (22)$$

Donde *k* corresponde a la categoría del uso del suelo, *p* corresponde al porcentaje de la superficie de cada uso específico del suelo, y *N* corresponde al número de categorías del uso del suelo.

Los datos obtenidos se encuentran en una escala de 0 a 1, siendo 0 una UPZ homogénea, es decir, que los usos del suelo son del mismo tipo, no hay variedad, y 1, que existen usos diferentes en la UPZ.

### Empleo

Para calcular la variable empleo se tomaron como referentes datos de personal ocupado en el 2016, calculados por Secretaría Distrital de Planeación, reportados a nivel sector catastral, y se realiza la agregación a nivel UPZ; una vez determinado el empleo se divide en términos del área de la UPZ, así:

$$EM = \frac{\text{Total del empleo de la UPZ}}{\text{Área de terreno UPZ}} \quad (23)$$

## Resultados

### S<sub>1</sub>: resultados subíndice de calidad ambiental

En promedio las UPZ tienen 0,217 en un rango de [0,1] con una desviación estándar de 0,111; el valor más bajo es el obtenido por la UPZ Corabastos (0,034), lo que significa que se trata de una UPZ, y el mayor valor –que además representa un dato atípico 0,6– obtenido para la UPZ Parque el Salitre.

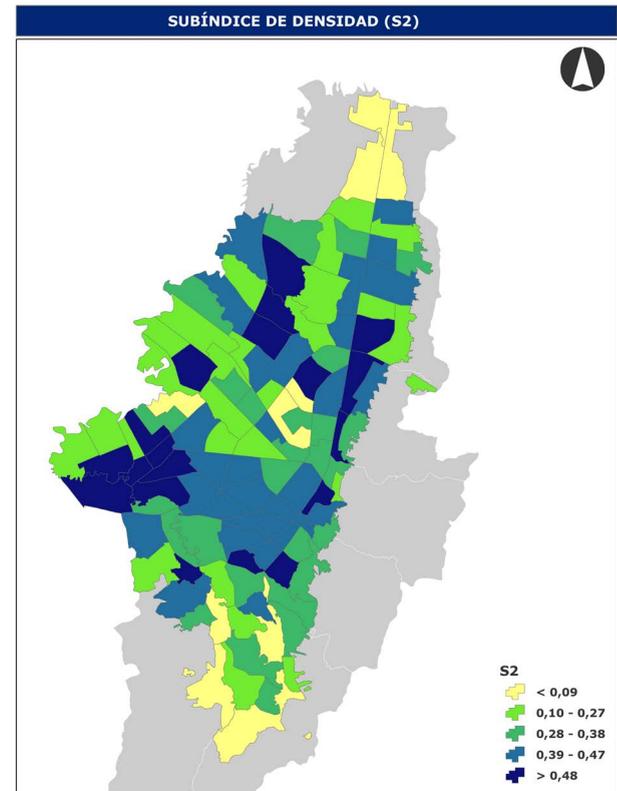
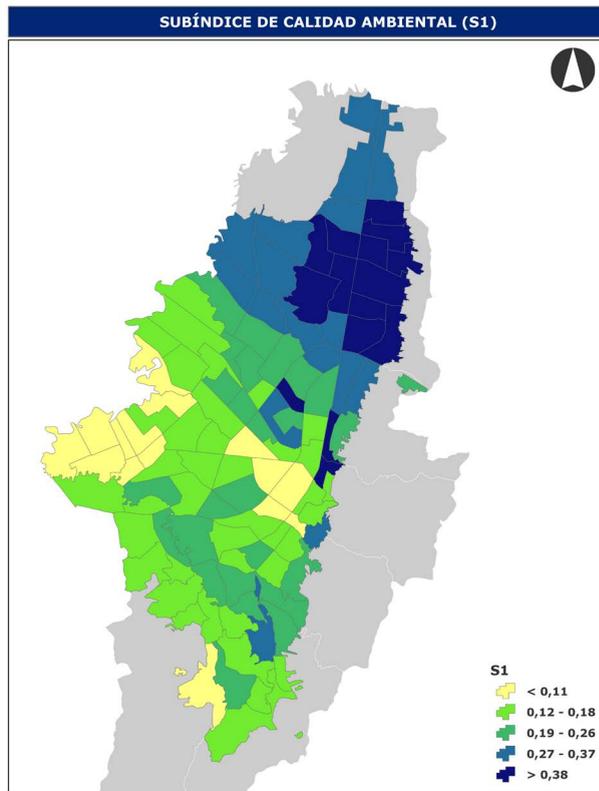


Figura 3. Mapa de subíndice de calidad ambiental ( $S_1$ ) por UPZ

Fuente: elaboración propia, 2017. CC BY-NC.

Figura 4. Mapa subíndice de densidad ( $S_2$ ) por UPZ

Fuente: elaboración propia, 2017. CC BY-NC.

En la Figura 3 se muestra la distribución espacial de los valores calculados de  $S_1$ , los colores más oscuros representan mejor calidad ambiental, principalmente en las UPZ localizadas en la zona nororiental del área urbana del Distrito Capital, localidades de Usaquén y Suba; las UPZ 103-Parque el Salitre, 99-Sagrado Corazón y 91-Chapinero. En contraste, los valores más bajos, en colores claros, se encuentran agrupados en 9 UPZ al occidente de las localidades de Bosa y Kennedy, la UPZ 64-Monteblanco de la localidad Ciudad Bolívar, 111-Puente Aranda, 108-Zona Industrial, 102-La Sabana, 37-Santa Isabel y 95-Las Cruces. Se puede resaltar una agregación de UPZ con baja calidad ambiental en la zona central de la ciudad (Figura 3).

### S<sub>2</sub>: resultados subíndice de densidad

El subíndice de densidad muestra en conjunto la densidad poblacional, el espacio construido y el espacio ocupado. En promedio, las UPZ tienen 0,412 en un rango de [0,1], con una desviación estándar de 0,174; los valores más bajos representan aquellas UPZ con menores densidades, se destacan las UPZ 63-El Mochuelo (0,024) y 60-Parque Entre Nubes (0,025); en contraste, valores cercanos a 1 representan mayor interacción entre densidad poblacional, alto índice de construcción y menor cantidad de espacio libre; se destaca la UPZ Patio Bonito que presenta un valor de 0,81, muy por encima de la media.

En la Figura 4 se muestra la distribución espacial de los valores calculados de  $S_2$ , colores más oscuros muestran alta densidad compuesta por grandes cantidades de habitantes por hectárea, altos índices de construcción y menor área libre. Las UPZ que presentan los mayores valores ( $S_2 > 0,6$ ) son, en su orden, 82-Patio Bonito

(0,81), 66-San Francisco (0,75), 84-Bosa Occidental (0,74), 81-Gran Britalia (0,72), 28-El Rincón (0,67), 80-Corabastos (0,64), 93-Las Nieves (0,62), 34-20 de Julio (0,62) y 75-Fontibón (0,62) (Figura 4).

### S<sub>3</sub>: resultados subíndice de proximidad

En la figura 5 se muestra la distribución espacial de los valores calculados de  $S_3$ . En promedio, las UPZ mostraron un valor de 0,6427, con una desviación estándar de 0,14. Las UPZ en colores más oscuros muestran un mayor puntaje en términos de proximidad y diversidad de puntos atractivos, las UPZ que presentan los mayores valores ( $S_3 > 0,9$ ) son, en su orden, 91-Sagrado Corazón, 92-La Macarena, 99-Chapinero, 105-Jardín Botánico, 107-Quinta Paredes y 94-La Candelaria. Estas cuentan con mayor acceso a equipamientos y servicios que propician el caminar (Figura 5).

### S<sub>4</sub>: resultados subíndice de confort

En promedio, las UPZ tienen 0,3547 en un rango de [0,1], con una desviación estándar de 0,09, siendo el menor valor 0,0425 y el mayor 0,509.

En la figura 6 se muestra la distribución espacial de los valores calculados de  $S_4$ ; las UPZ en colores más oscuros muestran mayor nivel de confort compuesto por buena disponibilidad de andén, una baja pendiente, buena conectividad y una buena dotación; las UPZ que presentan los mayores valores ( $S_4 > 0,47$ ) son, en su orden, 93-Las Nieves (0,509), 97-Chicó Lago (0,4922), 37-Santa Isabel (0,478) y 82-Patio Bonito (0,474) (Figura 6).

### S<sub>5</sub>: resultados subíndice de entropía

En promedio, las UPZ tienen 0,2614 en un rango de [0,1], con una desviación estándar de 0,15, donde el menor valor es 0,0613, y el valor más alto es 0,7918.

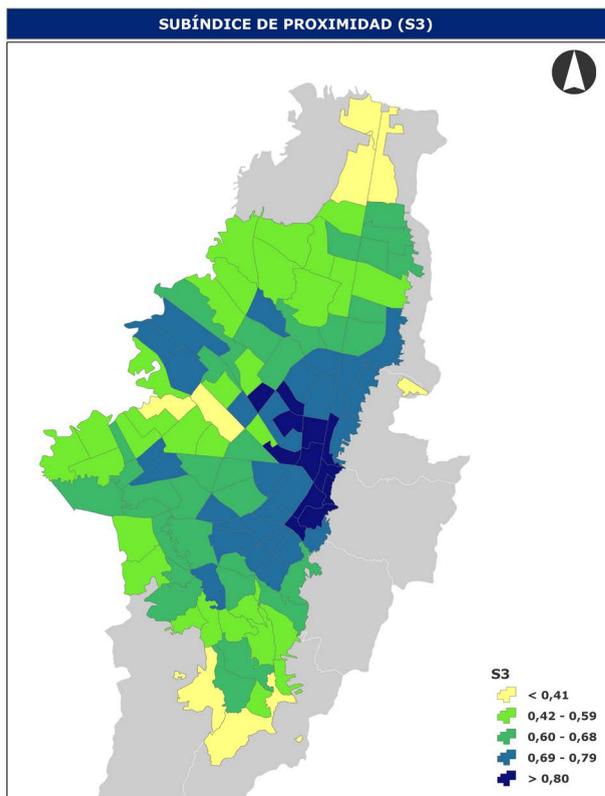


Figura 5. Mapa subíndice de proximidad ( $S_3$ ) por UPZ

Fuente: elaboración propia, 2017. CC BY-NC.

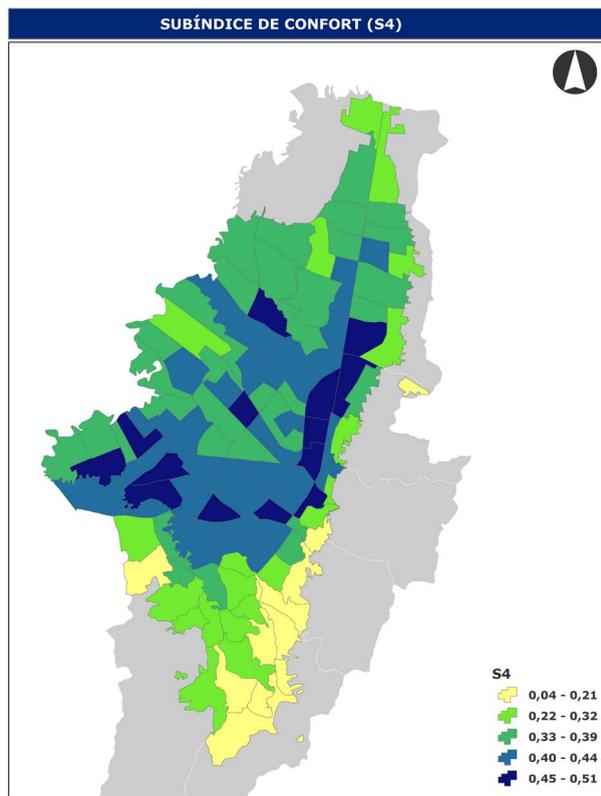


Figura 6. Mapa subíndice de confort ( $S_4$ ) por UPZ

Fuente: elaboración propia, 2017. CC BY-NC.

En la Figura 7 se muestra la distribución espacial de los valores calculados de  $S_5$ , las UPZ en colores más oscuros muestran diversidad en los usos del suelo y altos niveles de empleo. Las UPZ que presentan los mayores valores ( $S_5 > 0,6$ ) son, en su orden, 91-Sagrado Corazón (0,7918), 93-Las Nieves (0,7176), 84-Bosa Occidental (0,742926), 81-Gran Britalia (0,721292), 28-El Rincón (0,666184), 99-Chapinero (0,6924), 101-Teusaquillo (0,6465) y 97-Chicó Lago (0,6348) (Figura 7).

Para el cálculo del índice de caminabilidad se realizó la interacción de los cinco subíndices que lo componen, que se define como el promedio ponderado de los subíndices de calidad ambiental, densidad, proximidad, confort y entropía. Se obtuvieron los siguientes resultados:

En promedio, las UPZ tienen un índice de caminabilidad de 0,3626, en un rango de [0,1], con una desviación estándar de 0,08. La Figura 8 muestra el histograma de los valores obtenidos para el índice calculado por UPZ.

En la Figura 9 se muestra la distribución espacial de los valores calculados del índice de caminabilidad, las UPZ en colores más oscuros muestran los mayores puntajes en el índice, las 5 UPZ que presentan los mayores valores son, en su orden, 91-Sangrado Corazón (0,6), 99-Chapinero (0,582), 93-Las Nieves (0,551), 97-Chicó Lago (0,634), y 101-Teusaquillo (0,4982). Altos valores de caminabilidad representan la interacción entre oferta, dada como buenas condiciones que ofrece la ciudad al peatón (i.e. calidad ambiental y confort), y demanda, entendida como la necesidad del ciudadano de transitar (i.e. entropía, densidad y proximidad). Los valores medios de caminabilidad pueden darse por la interacción de estos componentes, una unidad territorial puede tener valores medios de caminabilidad ya

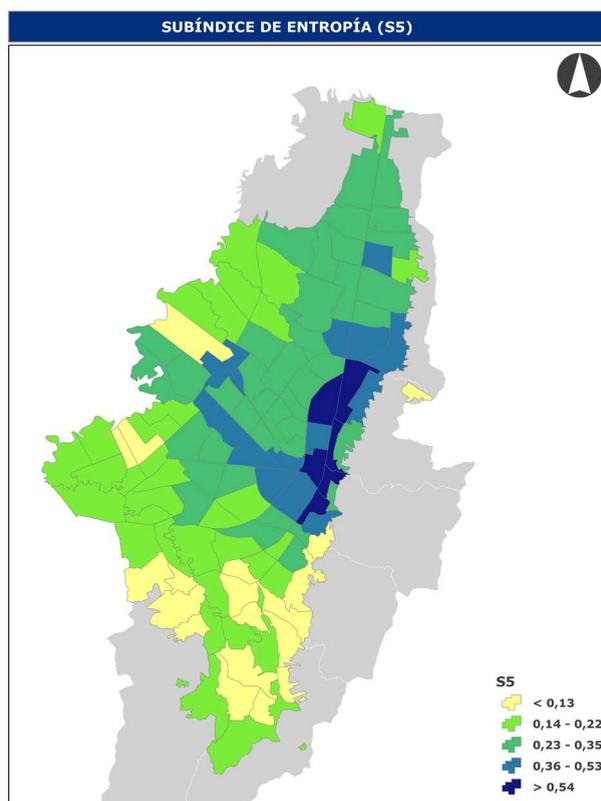


Figura 7. Mapa Subíndice de entropía ( $S_5$ ) por UPZ

Fuente: elaboración propia, 2017. CC BY-NC

sea por buenas condiciones urbanas, pero poca demanda peatonal, o bien, por alta demanda a pesar de malas condiciones urbanas.

Por otra parte, valores muy bajos de caminabilidad implican que la unidad territorial es deficiente tanto en las condiciones urbanas para el peatón como en la demanda de ciudadanos con necesidad de transitar en ella. La generación de políticas públicas debe ser dinámica en torno a enfocar sus esfuerzos en la mejora de las condiciones físicas que fomentan el caminar para el ciudadano, principalmente en las zonas que presentan mayor demanda de peatones. En la Figura 9 se muestran los resultados de la medición de caminabilidad, y sus componentes por subíndice para todas las UPZ, el valor más crítico en San Isidro-Patios

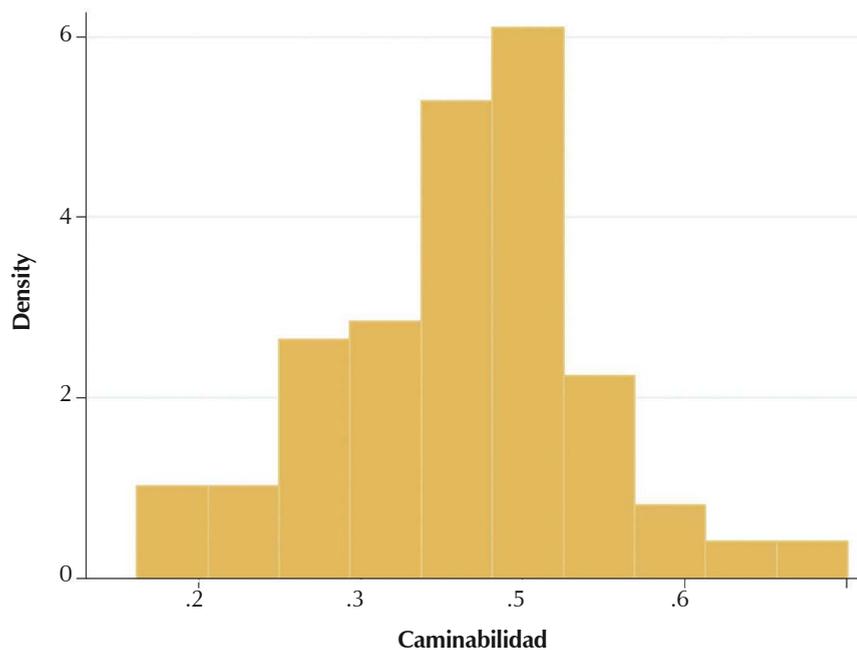


Figura 8. Histograma del índice de caminabilidad calculado para las UPZ del Distrito Capital

Fuente: elaboración propia, 2017. CC BY-NC.

muestra un territorio con buena calidad ambiental pero bajo confort, y aspectos deficientes en cuanto a proximidad y entropía, lo que se traduce en poco acceso a servicios, sumado a malas condiciones urbanas para el peatón.

Otro caso de baja caminabilidad está representado en la UPZ Guaymaral, donde se presentan las peores condiciones de proximidad; sin embargo, su baja densidad se puede traducir en un territorio sin necesidad inminente de intervención pues la mayor parte del índice de caminabilidad lo aporta la buena calidad ambiental y aceptables condiciones de confort. En el otro extremo, las unidades territoriales con mayores índices de caminabilidad tienen más aporte en la demanda de los peatones para circular en ellas debido a las altas densidades y ofertas de bienes y servicios, sumado a regulares condiciones de confort y de calidad ambiental.

## Discusión

El índice de caminabilidad propuesto es, en sí mismo, una medida de la interacción de los peatones con el entorno urbano; las cinco dimensiones que lo componen indican, en algunos casos, mayor oferta, lo que implica que el ciudadano tiene la necesidad de caminar por allí para satisfacerse de bienes o servicios a pesar de que posiblemente la infraestructura urbana no es la adecuada y no brinda condiciones para el peatón, es el caso de los subíndices de densidad, entropía y proximidad, la interacción entre estos tres subíndices indica UPZ con gran flujo de peatones. Por otra parte, los subíndices de confort y de calidad ambiental sí pretenden medir mejores condiciones urbanas para el caminante.

Los valores altos del índice propuesto denotan tanto grandes flujos peatonales como mejores condiciones.

Una ventaja es que cada una de las dimensiones es una medida útil para la toma de decisiones en varios aspectos de la planeación urbana. Por otro

lado, la seguridad en términos de criminalidad en el espacio público es un aporte valioso que no fue tratado en el presente documento debido a la falta de disponibilidad de información, pero que debe ser integrado en la construcción del índice.

Mientras que los resultados del subíndice de calidad ambiental muestran que las menores condiciones se presentan en la zona nororiental de la ciudad, el subíndice de densidad muestra varias agregaciones de UPZ con altos valores en las localidades de Suba, Chapinero, Fontibón y Bosa. Los subíndices de proximidad y entropía señalan sus mejores valores en el centro de la ciudad, mientras que el subíndice de confort no presenta ninguna tendencia clara.

Los resultados finales del índice enmarcan una clara tendencia espacial en la zona centro de la ciudad en las zonas aledañas a la Avenida Caracas.

## Conclusiones

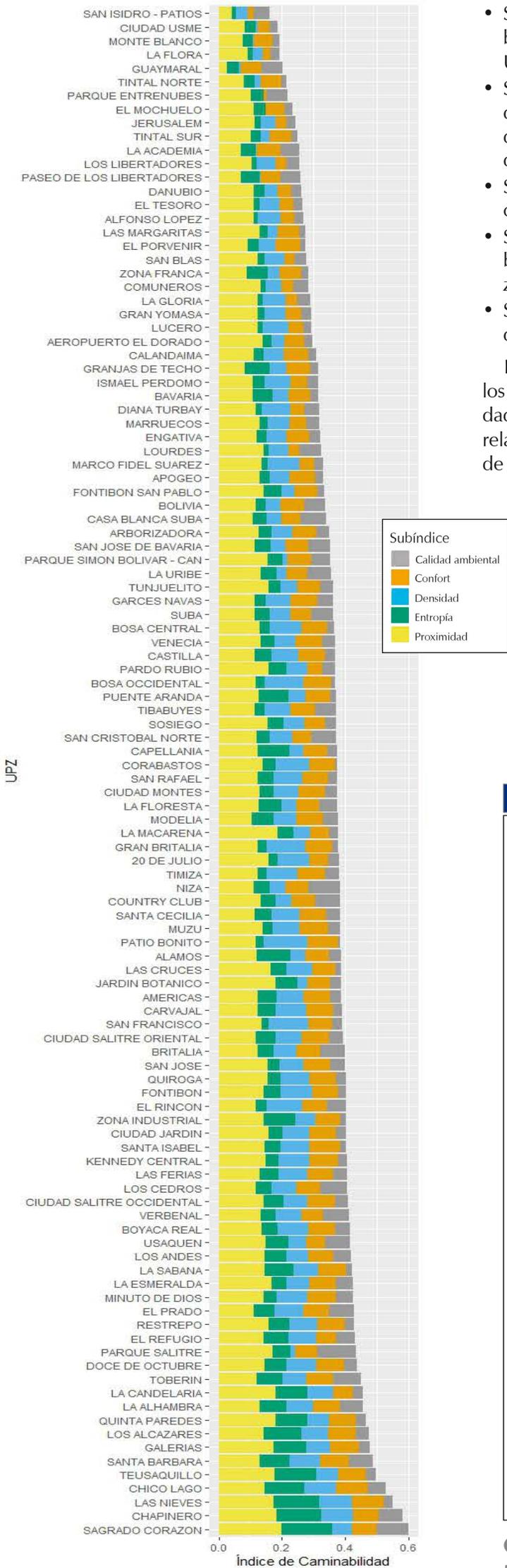
Una de las más valiosas interacciones de los ciudadanos con su entorno urbano se da al caminar, pues es allí donde los habitantes se relacionan de manera directa con la ciudad. Caminar, además de ser una alternativa sostenible de movilidad, representa también una práctica importante en términos de salud pública. El índice de caminabilidad que se propone es, en sí mismo, una medida de la interacción de las personas con la ciudad, cada una de sus dimensiones mide el estado de un sector urbano en un componente específico, y brinda información acerca de las relaciones espaciales, sociales y económicas entre las personas y su entorno.

El índice propuesto en cinco dimensiones mide, por una parte, aquellas UPZ con mayor afluencia peatonal por encontrar mayores condiciones de densidad, mezcla de usos y oferta de bienes y servicios que obligan al peatón a circular, sin que ello implique mejores condiciones urbanas y, por otra parte, condiciones de confort y de calidad ambiental que pueden hacer más agradable la circulación del peatón.

La interacción de todas las dimensiones que concluyen en un valor cercano a 1 del índice propuesto se traduce en una UPZ caminable.

Sin embargo, algunas áreas urbanas son más caminables que otras, algunos valores medios del índice se pueden dar por buena mayor oferta y diversidad de bienes y servicios, pero pobres condiciones de infraestructura o calidad ambiental. Otras UPZ pueden presentar valores medios con buenas condiciones ambientales, de comodidad y características del entorno que facilitan la caminata, pero poca afluencia de peatones debido a la baja oferta de bienes y servicios.

El índice de caminabilidad se compone de cinco subíndices, cada uno de ellos mide de manera individual una dimensión del área urbana:



- Subíndice de calidad ambiental: agrupa variables que miden el estado ambiental de cada UPZ.
- Subíndice de densidad: es una medida global de densidad de la UPZ compuesta por densidad poblacional, índice de ocupación e índice de construcción.
- Subíndice de proximidad: mide la oferta y cercanía de bienes y servicios atractivos en la zona.
- Subíndice de confort: mide variables que brindan comodidad y que facilitan el desplazamiento a pie.
- Subíndice de entropía: es una medida de diversidad en usos del suelo.

Los resultados obtenidos tanto en cada uno de los subíndices como en el índice de caminabilidad brindan información valiosa para evaluar las relaciones de la ciudad; así, mientras el subíndice de calidad ambiental muestra resultados precarios

Figura 9. Índice de caminabilidad por UPZ y su aporte por subíndice  
Fuente: elaboración propia, 2017. CC BY-NC

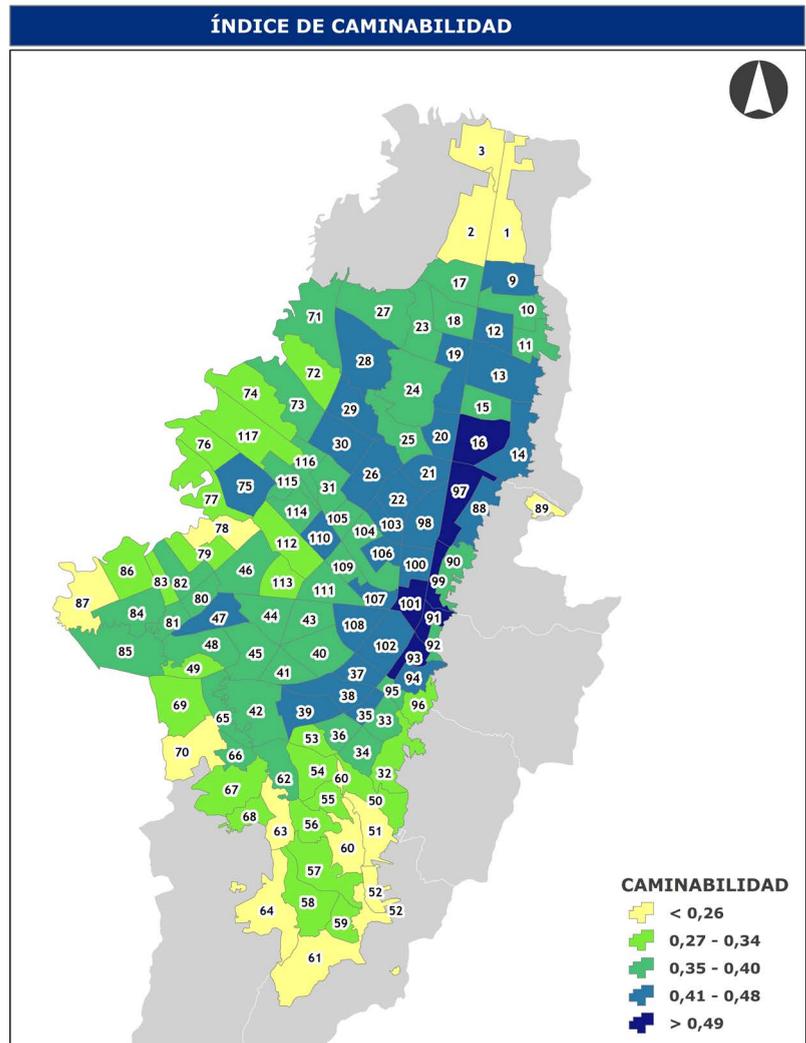


Figura 10. Mapa Índice de caminabilidad por UPZ  
Fuente: elaboración propia, 2017. CC BY-NC.

en las UPZ más centrales de la ciudad, esto contrasta con los resultados de los subíndices de proximidad y entropía que muestran en esta zona la aglomeración de la oferta y diversidad de bienes y servicios. Por otra parte, la distribución espacial de los subíndices de confort y densidad es heterogénea. Resaltan agrupaciones de UPZ en áreas noroccidental, suroccidental y nororiental, con altas densidades tanto de edificaciones como de ocupación y habitantes.

El resultado del índice muestra una agrupación de UPZ en la zona central de la ciudad con los mayores índices de caminabilidad enmarcados en la zona aledaña a la Avenida Caracas, explicados en gran parte por mayor oferta, diversidad y densidad. En contraste con las UPZ con menor caminabilidad en zonas periféricas tanto en el extremo norte como sur de la capital, lo que se explica por menor oferta de bienes y servicios, infraestructura menos adecuada y menor densidad global.

## Referencias

- Agampatian, R. (2014). *Using GIS to measure walkability: A case study in New York City* (Master's of Science Thesis). School of Architecture and the Built Environment Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm. Recuperado de <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-145011>
- Alcaldía Mayor de Bogotá (2016). *Proyecto plan de desarrollo 2016-2020, Bogotá mejor para todos*. Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá. Recuperado de [http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/PlanDistritalDesarrollo/Documentos/20160429\\_proyecto\\_PDD.pdf](http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/PlanDistritalDesarrollo/Documentos/20160429_proyecto_PDD.pdf)
- Álvarez de Celis, F., Álvarez Insúa, J., Eguía, S., Persico M. E., Belacin, S. y Trípoli F. (2014). Índice Sintético de Caminabilidad. *Metodología. Indicadores de sustentabilidad urbana*. Buenos Aires: Ministerio de Desarrollo Urbano. Secretaría de Planeamiento. Recuperado de: [http://www.buenosaires.gob.ar/sites/gcaba/files/caminabilidad\\_0.pdf](http://www.buenosaires.gob.ar/sites/gcaba/files/caminabilidad_0.pdf)
- Borja, J. (1998, septiembre). Ciudadanía y espacio público. *Ambiente y desarrollo*. XIV(3), 13-22. Recuperado de [http://www.pieb.org/espacios/archivos/doconline\\_ciudadania\\_y\\_espacio\\_publico.pdf](http://www.pieb.org/espacios/archivos/doconline_ciudadania_y_espacio_publico.pdf)
- Defensoría del Espacio Público (2016). *Reporte técnico de indicadores de espacio público*. Bogotá: Observatorio del Espacio Público de Bogotá. Recuperado de <http://observatorio.dadep.gov.co/reportes-tecnicos>
- Fontan Suárez, S. (2012). Índice de caminabilidad aplicado en la Almendra Central de Madrid (tesis de maestría). Universidad Complutense de Madrid, Madrid. Recuperado de <https://eprints.ucm.es/20074/>
- Frank, L. D., Sallis, J. F., Conway, T. L., Chapman, J. E., Saelens, B. E. y Bachman, W. (2006). Many pathways from land use to health: Associations between neighborhood walkability and active transportation, body mass index, and air quality. *Journal of the American Planning Association*, 72(1), 75-87. Doi: <https://doi.org/10.1080/01944360608976725>
- Giles-Corti, B. y Donovan, R. J. (2002). Socio-economic status differences in recreational physical activity levels and real and perceived access to a supportive physical environment. *Preventive medicine*, 35(6), 601-611. Doi: <https://doi.org/10.1006/pmed.2002.1115>
- Greenberg, M. R. y Renne, M. J. (2005). Where does walkability matter the most? An environmental justice interpretation of New Jersey data. *Journal of urban health*, 82(1), 90-100. Doi: <https://doi.org/10.1093/jurban/jti011>
- Humpel, N., Owen, N., Leslie, E., Marshall, A. L., Bauman, A. E. y Sallis, J. F. (2004). Associations of location and perceived environmental attributes with walking in neighborhoods. *American Journal of Health Promotion*, 18(3), 239-242. Doi: <https://doi.org/10.4278/0890-1171-18.3.239>
- Jardín Botánico (2016). *Sistema de Información para la Gestión del Arbolado Urbano de Bogotá D.C.* Bogotá: SIGAU. Recuperado de <http://sigau.jbb.gov.co/SigauJBB/VisorPublico/VisorPublico>
- Leinberger, C. B. y Alfonso, M. (2012, may). *Walk this Way: The Economic Promise of Walkable Places in Metropolitan Washington, D.C.* (Series: Walkable Urbanism). Washington, D.C.: Brookings. Recuperado de <https://www.brookings.edu/research/walk-this-way-the-economic-promise-of-walkable-places-in-metropolitan-washington-d-c/>
- Leinberger, C. B. y Rodriguez, M. (2016) *Foot Traffic Ahead Ranking Walkable Urbanism in America's Largest Metros 2016*. Washington D. C.: George Washington University. School of Business. Recuperado de <https://www.smartgrowthamerica.org/app/legacy/documents/foot-traffic-ahead-2016.pdf>
- Leslie, E., Saelens, B., Frank, L., Owen, N., Bauman, A., Coffee, N. y Hugo, G. (2005). Residents' perceptions of walkability attributes in objectively different neighbourhoods: A pilot study. *Health Place*, 11(3), 227-36. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2004.05.005>
- Leslie, E., Coffee, N., Frank, L., Owen, N., Bauman, A. y Hugo, G. (2007). Walkability of local communities: Using geographic information systems to objectively assess relevant environmental attributes. *Health and Place*, 13(1), 111-122. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2005.11.001>
- Lucas, R. E. (1988). En la mecánica del desarrollo económico. *Diario de la economía monetaria*, 22 (1), 3-42.
- Martínez Gaete, C. (2016). El poder económico y social de las ciudades caminables. *Plataforma Arquitectura*. Recuperado de <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/793979/el-poder-economico-y-social-de-las-ciudades-caminables>
- Owen, N., Humpel, N., Leslie, E., Bauman, A. y Sallis, J. F. (2004). Understanding environmental influences on walking: Review and research agenda. *American Journal of Preventive Medicine*, 27(1), 67-76. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2004.03.006>
- Rattan, A., Campese, A. y Eden, C. (2012, Winter). *Modeling walkability. Automating analysis so it is easily repeated*. *ArcUser*, 30-3. Recuperado de <http://www.esri.com/news/arcuser/0112/modeling-walkability.html>
- Rosenberg, D., Ding, D., Sallis, J. F., Kerr, J., Norman, G. J., Durant, N., Harris, S. K. y Saelens, B. E. (2009). Neighborhood Environment Walkability Scale for Youth (NEWS-Y): Reliability and relationship with physical activity. *Preventive medicine*, 49(2-3), 213-218. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2009.07.011>
- Rundle, A., Neckerman, K. M., Freeman, L., Lovasi, G. S., Purciel, M., Quinn, J., Richards, C., Neelanjan, S. y Weiss, C. (2009, March). Neighborhood food environment and walkability predict obesity in New York City. *Environmental health perspectives*, 117(3), 442. Doi: <https://doi.org/10.1289/ehp.11590>
- Saelens, B. E., Sallis, J. F. y Frank, L. D. (2003). Environmental correlates of walking and cycling: Findings from the transportation, urban design, and planning literatures. *Annals of behavioral medicine*, 25(2), 80-91. Doi: [https://doi.org/10.1207/S15324796ABM2502\\_03](https://doi.org/10.1207/S15324796ABM2502_03)
- Smart Growth America (2014). *Foot Traffic Ahead Report M+R Media Outreach Wrap-up Report*. Washington, DC: Smart Growth America. Improving lives by improving communities. Recuperado de [http://www.chrisleinberger.com/docs/By\\_CL/Foot%20Traffic%20Ahead%20Media%20Summary.pdf](http://www.chrisleinberger.com/docs/By_CL/Foot%20Traffic%20Ahead%20Media%20Summary.pdf)
- Zhu, W. (2008). Let's keep walking. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 40(7), S509-S511. Doi: <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31817c72af>