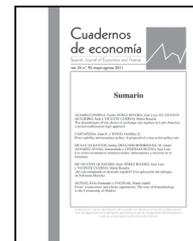




Asociación  
Cuadernos  
de economía

# Cuadernos de economía

www.cude.es



## ARTÍCULO

### Aproximación metodológica a la evaluación cuantitativa de la capacidad de carga del suelo urbano: Bogotá (Colombia 2015)

Hernán Darío Enríquez Sierra<sup>a</sup> y Rosa María Armenta-Vergara<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Investigador. Universidad Sergio Arboleda.

#### JEL CODES:

P25; O18; R11

#### KEYWORDS:

Carrying capacity;  
Principal components;  
Sustainability

**Abstract:** The document analyses the urban carrying capacity for Bogotá Colombia. This is understood, from the physical point of view, as the ability of a territory to support human activities without generating negative externalities derived from its overuse (Wei et al., 2015). Based on a quantitative approach, an evaluation methodology is applied to urban sectors, in order to obtain capacity estimates for six dimensions of analysis. Results show the heterogeneity of urban supports, comparing physical and economic facts, especially for areas with higher population density, less access to economic centers and limited urban planning. This suggests the need to focus local policies at the identified areas, in relation to neighbourhood improvement or urban renewal. This would allow the completion of deficit supports, improving access to urban goods and services and expanding the scope of economic activity in the city.

#### CÓDIGOS JEL:

P25; O18; R11

#### PALABRAS CLAVE:

Capacidad de carga;  
Componentes  
principales;  
Sostenibilidad

**Resumen:** Este documento examina, la capacidad de carga del suelo urbano para Bogotá Colombia. Esta se entiende, desde el punto de vista físico, como la capacidad que tiene un territorio para soportar las actividades humanas sin generar externalidades negativas derivadas de su sobre uso (Wei et al., 2015). A partir de un enfoque cuantitativo, se realiza una aplicación de la metodología de evaluación para los sectores urbanos que componen la ciudad, con el fin de obtener estimaciones de capacidad para seis dimensiones de análisis. Los resultados indican la heterogeneidad de los soportes urbanos, comparando lo físico y lo económico, en especial para áreas de mayor densidad de población, menor acceso a los centros de actividad económica y limitada planificación urbana. Esto sugiere la necesidad de focalizar las políticas de ámbito local en las áreas identificadas, en relación con el mejoramiento barrial o la renovación urbana. Esto permitiría completar los soportes deficitarios y mejorar el acceso a los bienes y servicios urbanos y expandir el alcance de la actividad económica en la ciudad.

Correo electrónico: [Hernan.enriquez@usa.edu.co](mailto:Hernan.enriquez@usa.edu.co); [rosa.armenta@usa.edu.co](mailto:rosa.armenta@usa.edu.co)

<https://doi.org/10.32826/cude.v43i123.142>

0210-0266/© 2020 Asociación Cuadernos de Economía. Todos los derechos reservados

## 1. Introducción

La capacidad de la tierra para sostener las actividades humanas y recuperarse de los efectos de estas, está definida por una velocidad diferente a las primeras e incluso está limitada por la disponibilidad de recursos y el impacto de cada una de las actividades. Desde las ciencias biológicas y ambientales se ha utilizado el concepto de “*capacidad de carga*” para referirse a la mayor cantidad de población de una especie particular que un ecosistema puede soportar sin deteriorar irreversiblemente sus condiciones. Posteriormente, el concepto se ha utilizado en diferentes disciplinas para la evaluación de la relación entre las actividades humana y sus interrelaciones con el medio ambiente y la capacidad de este último para soportar tales actividades (Arrow et al., 1995; Daily y Ehrlich, 1992; Graefe, Vaske, y Kuss, 1984a; Postel, 1994). Algunas disciplinas de las ciencias sociales han desarrollado diferentes metodologías de evaluación hasta situarse en el ámbito de la sostenibilidad urbana (Seidl y Tisdell, 1999; Shi, Wang, y Yin, 2013). Desde esta perspectiva, se estudia la capacidad de las ciudades para incrementar su urbanización y garantizar su desarrollo sostenible y la calidad de vida de la población (Fang et al., 2017; Sevegnani et al, 2017).

Las áreas urbanas no pueden albergar personas y actividades ilimitadamente si se considera que las áreas de la ciudad construida no pueden crecer y que las zonas de expansión son escasas. En este sentido, la planeación urbana debe considerar todos los factores que permiten no solo que se establezcan actividades humanas sino también la capacidad de cada área de la ciudad (Joardar, 1998; Santoso et al., 2014), con su particularidad para seguir atrayendo dichas actividades. De esta forma, se garantiza el funcionamiento ordenado de la ciudad y se asegura la calidad de vida de los ciudadanos considerando que excesos de densidades tanto humanas como de actividades económicas actúan en detrimento del bienestar social y amenazan la sostenibilidad del territorio.

Este documento tiene como propósito describir la evaluación de la capacidad de carga de los territorios urbanos desde el punto de vista cuantitativo, utilizando un conjunto de indicadores que expresan las dinámicas económicas sociales y ambientales de la ciudad y que a su vez permiten realizar una adaptación de la metodología propuesta por Wei et al., (2016). En este caso, se busca establecer cuáles son los parámetros adecuados que determinan la carga que tienen diferentes actividades sobre distintas zonas de la ciudad y hasta qué punto se pueden soportar mayores volúmenes de población o actividades bajo las condiciones observadas; esta metodología ha sido utilizada como referente por otros autores (Tian y Sun, 2018; Zhang y Li, 2018) para analizar aspectos relacionados con la sostenibilidad urbana y la calidad de vida en las ciudades. Adicionalmente, se puede establecer a partir de la metodología presentada, la densidad poblacional máxima alcanzable que puede soportar cada área bien sea con las condiciones actuales o por medio de escenarios razonables (Oh, et. al, 2005).

La aproximación utilizada aquí es llamada integral, por cuanto intervienen dimensiones adicionales a las densidades o el mercado. Se trata de abordar el problema desde un mayor número de dimensiones para incluir cuestiones fisi-

cas e incluso sociales que es el interés de los planificadores y tomadores de decisiones.

Utilizando información de instituciones del gobierno de la ciudad de Bogotá y de fuentes externas, se estiman índices de capacidad de carga por cada una de las dimensiones establecidas, utilizando la metodología de componentes principales. Este proceso consiste en construir índices sintéticos a partir de la reducción de variables de un sistema asignando ponderaciones que maximizan la variabilidad del sistema.

Este documento consta de seis partes distribuidos como se indica a continuación. La primera constituye esta introducción, seguido de la definición del concepto de capacidad de carga en la segunda parte. En una tercera parte, se presenta la metodología propuesta para la evaluación integral de la capacidad de carga urbana. Las partes cuarta y quinta corresponden a la presentación del caso aplicado a Bogotá y los resultados. Por último, en la sexta parte, se incluyen las conclusiones finales.

## 2. El concepto de capacidad de carga

Un desafío mayor para la modelización de la sostenibilidad urbana es la necesidad implícita de construir un modelo integral que aborde las aspectos sociales, económicos y ambientales con la suficiente profundidad para informar a los tomadores de decisiones (Curwell, Deakin, y Symes, 2005).

El concepto de capacidad de carga se refiere al tamaño máximo de población que un área determinada puede soportar sin dañar el ambiente natural, cultural y social, ni degradar la capacidad de soporte en el futuro. En el marco de la sostenibilidad urbana, la capacidad de carga se define como el valor umbral de la población y la escala e intensidad de diversas actividades que los recursos naturales de una ciudad pueden sostener bajo determinadas condiciones económicas, sociales, tecnológicas y ecológicas sin incurrir en externalidades negativas derivadas de un sobre uso (Shi et al., 2013; Wei et al., 2015).

De acuerdo con Wen et al. (2015), los estudios de capacidad de carga pueden realizarse desde dos perspectivas: absoluta o relativa. La capacidad de carga relativa puede evaluarse estableciendo objetivos específicos de capacidad de carga y observando la relación entre la oferta y la demanda. De otro lado, la capacidad de carga absoluta hace referencia a la cantidad máxima de personas que la tierra puede soportar. La primera aproximación solo cumple con el estándar básico de existencia, y la segunda cumple el objetivo ideal u óptimo, como la habitabilidad ambiental y otras condiciones económicas y sociales. En consecuencia, la capacidad de carga puede evaluarse desde dos componentes:

a) Capacidad de carga del medio natural: evalúa la carga sobre el sistema de recursos naturales; incluye recursos hídricos, minerales, forestales y especies biológicas, entre otros.

b) Capacidad de carga del medio artificial: evalúa la carga sobre la infraestructura (como transporte, comunicaciones, servicios públicos, etc.) e instalaciones que prestan servicios sociales (como escuelas, hospitales, bibliotecas

públicas). El entorno externo es el sistema de apoyo económico y social.

A partir de una visión integral se puede establecer una definición de capacidad de carga urbana asociada con el límite del desarrollo de la ciudad impuesto por impactos ambientales, oferta de recursos naturales, infraestructura y servicios urbanos, percepción social, diseño institucional y capacidad de carga de la sociedad (Joardar, 1998; Wei et al., 2015). A continuación, en la Tabla 1 se describen cada uno de los componentes conceptuales de la aproximación a la capacidad de carga urbana.

**Tabla 1.** Componentes del marco conceptual de la capacidad de carga urbana

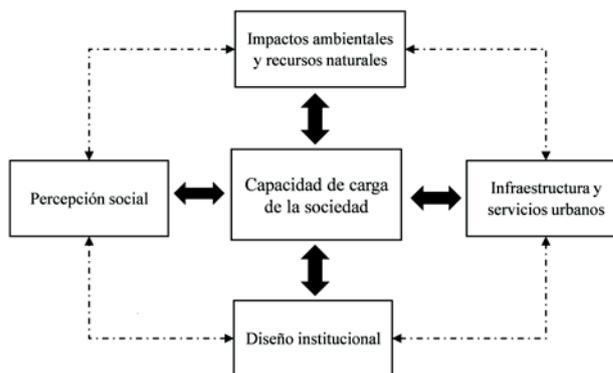
Componente	Significado y definiciones
Impactos ambientales y recursos naturales	Se refiere al tamaño de población y actividades humanas de una región, donde los residuos y polución pueden ser asimilados y existen suficientes recursos provistos por el ambiente sin sacrificar la calidad de vida de los residentes urbanos y la resistencia ambiental. Este concepto consiste de dos componentes clave: capacidad de asimilación y capacidad de producción de recursos del medio ambiente.
Infraestructura y servicios urbanos	Se refiere al tamaño de la actividad humana que la infraestructura y los servicios urbanos de un área específica pueden sostener satisfactoriamente sin incurrir en degradación de la calidad de vida. La eficiencia e intensidad de infraestructura y servicios urbanos debería ser evaluada con precisión en términos de condiciones de salud, vivienda, amenidades, transporte, servicios públicos, etc.
Percepción social	Se refiere al grado de cambio visual o psicológico que se puede percibir por el público con aparentes mejoras a lo previamente observado.
Diseño institucional	Se refiere a las condiciones políticas, regulatorias, administrativas y sociológicas de una ciudad para alcanzar su meta de desarrollo sostenible. Equidad social, transparencia gubernamental y diversidad cultural son elementos primarios de este componente.
Capacidad de carga de la sociedad	Se refiere a la capacidad económica, tecnológica y fiscal de una ciudad para promover activamente la capacidad de carga. Es el parámetro de gestión del modelo de capacidad de carga urbana. Los indicadores asociados pueden ser representados por ingresos fiscales del gobierno local, PIB, tasas de empleo, inversión en ambiente como porcentaje del PIB, etc.

Fuente: Adaptado de Wei et al., (2016).

El marco conceptual de la capacidad de carga urbana involucra relaciones de interdependencia entre cada uno de sus componentes, en la Figura 1, se ilustran las relaciones con su intensidad. El centro de la interrelación se presenta en

la capacidad de carga de la sociedad como un medio que responde a la necesidad de dirigir recursos para la sostenibilidad urbana y calidad de vida urbana que representan los otros cuatro componentes.

**Figura 1.** Marco relacional de los componentes de la capacidad de carga



Fuente: adaptado de Wei et al., (2015).

Cada uno de los componentes aporta por igual al establecimiento de la capacidad de carga urbana con la relación más intensa (flecha sólida). En la relación de intensidad media se observa al componente de capacidad de carga de la sociedad con los componentes restantes, en este caso se entiende una relación bidireccional que se retroalimenta dinámicamente y se adapta a las mejoras (o desmejoras) alcanzadas por cada componente y que influyen en los demás.

Las relaciones de menor intensidad se observan entre los componentes que se unen en la figura por la flecha interlineada. En este caso se entienden las relaciones bidireccionales propias de cada par de componentes, aunque en acumulado se concluye que todos los componentes se relacionan entre sí. Esta conclusión es importante porque da cuenta del criterio de sostenibilidad que está implícito en el concepto de capacidad de carga y que indica no solo requerimientos físicos sino también socioeconómicos e institucionales.

Como se puede observar, el concepto de capacidad de carga es multidimensional y dinámico por cuanto cualquier desarrollo físico o humano altera el soporte que puede brindar la ciudad a sus habitantes. Dado que se tiene un nivel máximo de condiciones naturales y uno óptimo para la densidad de población al interior de la ciudad, se puede establecer una evaluación de las condiciones de vida urbana (calidad de vida) de cada una de las zonas de la ciudad, a partir de su capacidad de carga.

Esto se puede realizar llevando al espacio de estudio la densidad poblacional y las condiciones propias y creadas del territorio en el que está localizada. De allí se tienen predicciones como en la que si la población y las actividades económicas exceden el límite de la capacidad urbana se percibe un deterioro en las condiciones socioeconómicas y ambientales, lo que reduce la calidad de vida en las áreas donde el desbalance se acentúe por falta bienes públicos y amenidades o exceso de carga de los existentes. En este caso, la aproximación también da cuenta de cambios en la calidad de vida de la población que se ubica en determinada área de la ciudad.

La estimación de la capacidad de carga desde una aproximación urbana implica determinar el máximo tamaño de población urbana con respecto a las normas o mínimos de oferta de servicios urbanos. Adicionalmente, sirve como un modelo para determinar espacialmente los déficits de equipamiento e infraestructura, y la distribución apropiada de población y actividades socioeconómicas (Hardin, 1986).

Para hacer la evaluación de la capacidad de carga de una zona o ciudad, se establece como estrategia de selección indicadores propuestos para cada una de las dimensiones descritas. Cada una de las medidas aporta o reduce la capacidad de carga del territorio, por lo que se puede establecer el estado de sostenibilidad de un área específica. Para los objetivos de este estudio, se identifican los factores determinantes de la capacidad de carga a través de un conjunto de indicadores distribuidos en seis dimensiones - accesibilidad, medio ambiente, servicios públicos, económicos, percepción social, ambiente construido - permitiendo de esta forma establecer la capacidad de carga individual en cada una de las dimensiones y un análisis de la capacidad de carga global determinada a partir de todo el sistema de indicadores.

## 2.1 La capacidad de carga como elemento de la sostenibilidad urbana

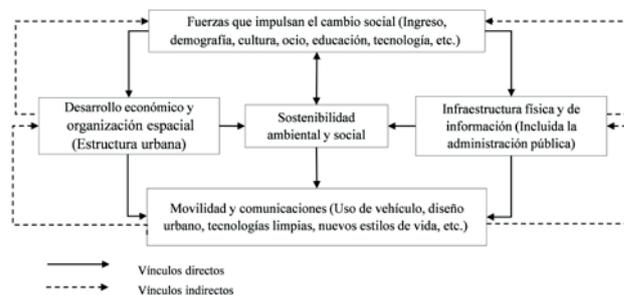
En la actualidad, las ciudades son el núcleo de concentraciones de actividades económicas y residenciales, y en consecuencia, generan la mayoría de las emisiones y materiales contaminantes y donde se consumen grandes cantidades de energía. En este contexto, uno de los elementos más importantes en la producción de todo tipo de contaminantes es la densidad territorial, dado que las capacidades del ecosistema para regenerar los recursos naturales son relativamente constantes por unidad territorial, mientras que el impacto negativo probablemente crezca en términos exponenciales (Camagni, 1998).

La idea de desarrollo sostenible en las ciudades involucra consideraciones ambientales, económicas y sociales en un ambiente dinámico y con vínculos espaciales (Button, 2002). En este contexto, la formulación, seguimiento y evaluación de las políticas públicas exige una perspectiva más amplia que involucre varias dimensiones de análisis sobre el territorio. Así las cosas, la concepción de sostenibilidad abarca procesos asociados con la capacidad de adaptación del territorio bien por cuestiones naturales, por el espacio físico que se construye o por los cambios sociales que se presenten.

La sostenibilidad urbana requiere seguimiento continuo y la definición de las políticas que permitan asegurar que las dinámicas de cambio no constituyan una amenaza para el bienestar de las futuras generaciones. Para esto, es necesario tener referentes de cambio y estados ideales del contexto urbano. En este sentido, el uso de conceptos formales como las situaciones de equilibrio espacial se convierten en referentes de evaluación (es decir, el estado ideal al que se quiere llegar) con estados intermedios determinados por los vínculos entre los factores que hacen sostenible el territorio, los cuales se mantienen en continua retroalimentación con el fin de realizar los ajustes necesarios por parte de los hacedores de política (Button, 2002).

Para (Button, 2002), los factores para la sostenibilidad se dividen en fuerzas que impulsan el cambio social, la infraestructura física y de información, la movilidad de personas, cosas, información, y el desarrollo económico y la organización espacial. Como lo muestra la Figura 2, existen vínculos de largo plazo entre cada uno de estos factores iniciando en movilidad hacia desarrollo económico e infraestructura física y luego de estos hacia cambio social. También se tienen vinculaciones directas que inician en cambio social hacia desarrollo económico e infraestructura y de estos a movilidad. Los ajustes se verán reflejados por la vía de los precios en el mercado de tierras.

**Figura 2.** Vínculos clave entre el cambio social y la dinámica urbana



Fuente: adaptado de Button, (2002), pág. 226.

Desde el punto de vista económico, la sostenibilidad en sistemas basados en el mercado se alcanza por medio de la regulación de oferta y demanda, la asignación de recursos y la creación de incentivos para la localización de actividades económicas y de innovación. Sin embargo, es difícil en este tipo de sistemas la valoración de los bienes públicos y las externalidades (Wang et al., 2014). De igual manera, la velocidad de adaptación desde la economía a los procesos de cambio urbanos es más acelerada que la de provisión de bienes y servicios urbanos, lo que se agudiza si esto depende de inversiones públicas.

La valoración de mercado de las condiciones favorables para que una zona de la ciudad se considere sostenible se traduce en encontrar medidas cuantificables del suelo, lo que se puede hacer en él y el volumen de actividades o cantidad de personas que esto atraerá. Una aproximación a dicha valoración se expresa por la demanda de suelo, la cual se relaciona en sentido amplio desde la economía con las de necesidades de espacios urbanos de productores y consumidores.

Finalmente, para alcanzar la sostenibilidad es necesario controlar factores asociados con el crecimiento de la ciudad (como son: crecimiento de la población, niveles de producción, niveles de ingreso, desarrollo de infraestructura entre otros), esto implica que el territorio este en capacidad de soportar adecuadamente las actividades que se localizan en este.

La clave es mejorar la productividad y eficiencia en el uso de los recursos en función de la adaptabilidad de los objetivos de desarrollo económico y social con la capacidad de carga de capital natural (Bleichwitz, Welfens, y Zhang, 2011) crear el marco de conocimiento necesario que guiará la política pública y las elecciones individuales hacia un uso

más eficiente de los recursos y para satisfacer las necesidades humanas dentro de la capacidad de carga ambiental del planeta.

El cambio continuo del territorio implica que la capacidad de carga también varía, determinando de esta forma, los grados de presión que las actividades humanas efectúan sobre el medio ambiente, en función del crecimiento urbano. Por esta razón, se requiere desarrollar sistemas de medición y evaluación de la capacidad de carga por medio de indicadores que se puedan seguir en la dimensión tiempo y espacio. En adición, también es necesario que estas medidas se puedan vincular a respuestas de política en concordancia con las dinámicas de la ciudad.

### 3. Evaluación integral de la capacidad de carga urbana

En la literatura se identifican tres enfoques metodológicos utilizados para la evaluación de la capacidad de carga: social, económico y ambiental. Cada uno de estos enfoques introduce diferentes factores que influyen en la capacidad de carga y a su vez permiten identificar el objetivo y propósito de la evaluación (Becker, 1978; Graefe, Vaske, y Kuss, 1984b; Lane, 2010; Oh et al., 2005).

Las metodologías de evaluación de capacidad de carga, independiente del método de agregación de indicadores, se dividen en tres etapas. En la primera se realiza la selección del sistema de indicadores. En segundo lugar, se realiza el cálculo y agregación de los indicadores, con el fin de obtener los pesos específicos que determinan la importancia de cada dimensión en el sistema. Finalmente, en la tercera etapa, se utilizan los resultados para categorizar la capacidad de carga de cada zona y realizar estimaciones de densidades “ideales” en ellas.

La selección de indicadores depende del alcance de cada investigación y de la disponibilidad de información. Siempre se debe considerar que se trabaja bajo un sistema de indicadores que deben cumplir las condiciones básicas establecidas para este tipo de medidas: cuantificables, suficientes, comparables. Adicionalmente, se puede usar el análisis para zonas de una ciudad, amitos urbano y rural o para grupos de ciudades.

Para obtener los pesos relativos de cada indicador en las dimensiones de análisis, se utilizan métodos estadísticos que dependen del tipo de información que se utiliza, bien sea esta cuantitativa o cualitativa. Para el alcance de este documento se describirán únicamente los que incluyen información cuantitativa y menor procedimiento de estimación<sup>1</sup>.

La metodología de capacidad de carga tiene dos grandes vertientes. La primera, en la que se construye un sistema de indicadores para establecer la evaluación del estado de las presiones sobre el territorio y la calidad de vida urbana. La segunda, basada en análisis espacial, el cual se aplica para determinar factores restrictivos al desarrollo urbano. En el primer caso, el aspecto clave descansa en la selec-

ción de indicadores y la determinación de su peso en el sistema. En el segundo caso, solo con información amplia de los aspectos a evaluar espacialmente se puede contar con una calificación de la capacidad de carga<sup>2</sup>.

#### 3.1 Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales se ha sido ampliamente utilizado en el análisis de indicadores a nivel de zonas urbanas (Liu, 2012) y para el caso de este artículo, es el método más conveniente para integrar todas las dimensiones para explicar la capacidad de carga. Este método permite aprovechar la correlación existente entre los indicadores que reflejan los componentes de la capacidad de carga y de estos en el espacio.

El objetivo de la aplicación del método de componentes principales consiste en explicar un sistema de variables reduciéndolo a un conjunto más pequeño de nuevas variables llamadas componentes, los cuales mantienen el mismo poder explicativo del sistema original.

Para cada una de las dimensiones que conforman el análisis de capacidad de carga se puede aplicar componentes principales, así como entre las dimensiones generales. En este caso, para la dimensión de análisis  $P$  se tiene un sistema de  $m$  indicadores  $X_p = [x_{i1} \ x_{i2} \ \dots \ x_{ij} \ \dots \ x_{im}]$ , para  $i$  zonas. El proceso consiste en encontrar una combinación lineal  $z_{ip}$  de todas las variables del sistema, el cual toma el nombre de componente principal:

$$z_{ip} = \theta_1 x_{i1} + \theta_2 x_{i2} + \dots + \theta_j x_{ij} + \dots + \theta_m x_{im} \quad (1)$$

Bajo este método se pueden conseguir tantos componentes principales como variables tenga el sistema. Sin embargo, los primeros que se obtienen son los que capturan la mayor porción de la explicación del sistema de indicadores. Esto debido a que para encontrar cada uno de los pesos del componente  $\theta_j$  se realiza un proceso de maximización de la matriz de varianzas y covarianzas del sistema, sujeto a que la suma de los cuadrados de los pesos sea igual a la unidad. En términos formales los pesos se obtienen de resolver el siguiente problema:

$$\max_{\theta} \theta' S_p \theta \quad s.a. \theta' \theta = 1 \quad (2)$$

Donde  $S_p$  es la matriz de varianzas y covarianzas de la dimensión de análisis  $p$ . Del proceso de maximización se tiene que los valores de  $\theta$  para el primer componente conforman el primer vector propio de la matriz de varianzas y covarianzas, el cual debe tener asociado un valor propio que maximiza la varianza del sistema y será la varianza del primer componente principal (Peña, 2013).

Los resultados del cálculo de los valores de  $\theta_m$  son interpretables en términos del signo observado, el cual estima la dirección de la relación entre el indicador  $x_{im}$  y el componente  $z_{ip}$ . Finalmente, los pesos de cada indicador en el

<sup>1</sup> Wei et al 2016 enuncian un mayor conjunto de métodos para la estimación de pesos y describen sus pros y contras a la hora de estimar los pesos relativos con cada uno de ellos.

<sup>2</sup> Existe en la literatura académica una corriente que desde el urbanismo realiza críticas al concepto de capacidad de carga debido a que no incluye directamente factores como regulación del territorio o porque presenta ambigüedades en los mecanismos y métodos de evaluación implícitos

componente principal resultarán de obtener el cuadrado de cada uno de los elementos del vector  $\theta$ .

Con el fin de evitar problemas de escala en el proceso de estimación de componentes, se realizan dos procedimientos. En primer lugar, se estandarizan las variables para que aquellas en las que se observa mayor varianza no generen mayores pesos de manera artificial. En segundo lugar, se calculan los componentes reemplazando en (2) la matriz de varianzas y covarianzas por la matriz de correlaciones de las variables del sistema.

Debido a la estandarización, todos los componentes principales tendrán una media de 0 y la desviación estándar para cada uno de los componentes es la raíz cuadrada del respectivo valor propio. Para el caso de estudio, se toma el primer componente principal por dimensión, obteniendo el índice sintético de capacidad de carga, ya que es el que explica la mayor parte de la varianza del sistema de indicadores asociado a cada dimensión.

Cada uno de los componentes principales resultantes del método estadístico es normalizado, con el fin de hacer comparables los componentes por dimensión y aportar a la estimación deseada de los signos en el procedimiento estadístico. Las fórmulas utilizadas son:

$$y_{ip} = \frac{z_{ip} - z_{minp}}{z_{maxp} - z_{minp}} \quad (3)$$

En este caso, se obtiene el indicador normalizado para el componente  $p$  en la zona  $i$ , denotado por  $y_{ip}$ . Esto permite que todos los índices calculados para las dimensiones de análisis se presenten en una escala acotada [0, 1] y de ahí poder comparar los resultados entre dimensiones. En resumen, para cada una de las dimensiones de la capacidad de carga, se calculan índices sintéticos entendidos aquí como el primer componente principal del sistema de indicadores asociados a la dimensión. Finalmente, se puede generar un único índice para analizar la capacidad de carga de manera integral, replicando la metodología esta vez para los índices por dimensión.

#### 4. Caso de estudio: Bogotá - Colombia

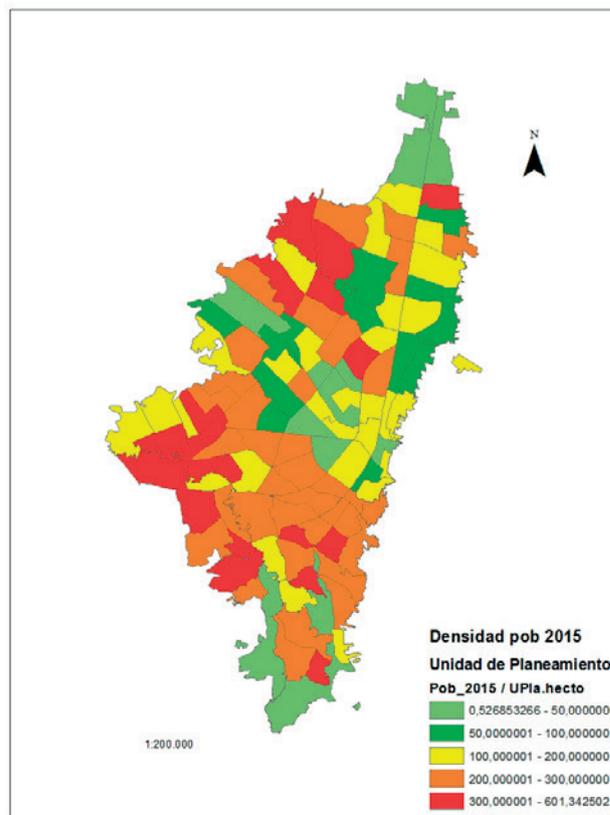
Para la aplicación de la evaluación de capacidad de carga se cuenta con información de la ciudad de Bogotá - Colombia. La ciudad es la capital del país y concentra cerca del 15% de la población del país. De igual manera genera aproximadamente el 25% del Producto Interno Bruto. Como la mayoría de las ciudades capitales de Latinoamérica, Bogotá presenta desequilibrios territoriales derivados de un rápido crecimiento urbano desde la segunda mitad del siglo XX.

Los dos modelos de ocupación urbana persistente en la ciudad se pueden observar en la conformación física del área urbana. En el primer caso, se tiene una ciudad que responde a procesos formales de urbanización con áreas residenciales dotadas de espacios públicos y dotaciones urbanas. En otro caso, se observan procesos de urbanización de origen informal caracterizados por la autoconstrucción de viviendas y pocas áreas verdes e inadecuada oferta de bienes y servicios urbanos.

El esfuerzo gubernamental en la ciudad se ha concentrado en equilibrar los soportes urbanos manteniendo la línea de generación de elementos adecuados para el desarrollo de actividades en las áreas formales, mientras provee de bienes públicos e infraestructuras a las áreas de origen informal. De aquí la importancia de evaluar como se ha materializado el esfuerzo del gobierno local en mejorar el soporte urbano en toda la ciudad.

Para el periodo de análisis, según las proyecciones poblacionales de la Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá - SDP, la población residente de Bogotá ascendía a 7.776.845 millones de personas distribuidas en un área urbana de 37.973 hectáreas, por lo que en promedio la densidad poblacional correspondía a 205 personas por hectárea. Sin embargo, una desagregación de este indicador a las áreas de análisis para toma de decisión del gobierno municipal (Unidades de Planeación Zonal - UPZ) muestra cómo se pueden tener zonas en la ciudad con densidades poblacionales superiores a los 400 habitantes por hectárea. Esto con la particularidad, que no se presentan en las áreas centrales con importante acceso a la economía de la ciudad. Por el contrario, las áreas más densas se ubican en la periferia urbana.

**Mapa 1.** Distribución de densidades de población de Bogotá - Colombia



Fuente: Elaboración propia

El Mapa 1 muestra la distribución de densidades de población de Bogotá para el año 2015, que entre otros factores, evidencia el resultado de los procesos de urbanización mencionados. De esta manera, las áreas del oriente y nororiental que son menos densas predominan la urbaniza-

ción formal (orientada por la ubicación de hogares de alto ingreso en estas zonas), contrastan con áreas al occidente y sur de la ciudad que provienen de un crecimiento urbano de origen informal.

#### 4.1 Definición de dimensiones de la capacidad de carga urbana para Bogotá

Siguiendo los conceptos de sostenibilidad postulados por Wang et al., (2014) y la metodología de capacidad de carga planteada por Wei et al., (2015), en la Tabla 2, se presentan las dimensiones de análisis propuestas para la evaluación de la capacidad de carga del suelo urbano con sus respectivos indicadores para el caso de Bogotá.

**Tabla 2.** Dimensiones e indicadores de la capacidad de carga para Bogotá

Capacidad de carga	Dimensión	Indicador
Capacidad de carga	Medio Ambiente	PM10 (-)
		Porcentaje de ocupación del suelo (-)
		Cobertura parque zonal (+)
		Cobertura parque vecinal (+)
		Área ríos, canales y humedales (+)
	Infraestructura	Densidades vía local (+)
		Densidades vía intermedia (+)
		Número equipamientos de educación (+)
		Número de equipamientos de salud (+)
		Número equipamientos de seguridad (+)
		Área de parques zonal y vecinal (+)
		Disponibilidad de energía eléctrica (+)
		Remanente acueducto (+)
		Capacidad de alcantarillado (+)
		Ambiente Construido
	Altura pisos (-)	
	Calificación predial (+)	
	Vetustez (-)	
	Densidad predial (-)	
Accesibilidad	Por Transmilenio (+)	
	Por transporte público SITP (+)	
Factores Económicos	Valores de referencia (+)	
	Número de establecimientos (+)	
	Número de ocupados (+)	
Percepción social	Hurtos a personas por hectárea (-)	
	Porcentaje de vías en buen estado (+)	

Fuente: Elaboración propia

El criterio de elección de indicadores radica en la disposición de información de las instituciones gubernamentales de la ciudad y de los indicadores estándares en la literatura (p.e (Wei, et. al., 2016)) o aproximaciones a estos. En este último caso, se buscó encontrar *proxys* que mantengan la intuición de la capacidad de carga de la medida original. Para una mayor claridad sobre la descripción de los indicadores ver anexo 1.

En cada uno de los indicadores, se muestra el signo esperado sobre el aporte de la medida en la capacidad de carga, teniendo en cuenta que los atributos que cualifican el territorio pueden aumentar la capacidad de soporte, mientras que externalidades negativas, deterioro, sobreuso y actividades no deseadas pueden disminuir el soporte en el espacio. En el anexo se muestra la descripción general de cada uno de los indicadores.

## 5. Resultados

La unidad de análisis para este estudio fueron los sectores catastrales que se asemejan a barrios o comunas urbanas. Estos tienen la particularidad de que han sido zonificados a partir de características de homogeneidad física, año en que surgieron en la ciudad, entre otras. En total, Bogotá tiene 1159 sectores catastrales. De estos, en el área urbana hay 989, en el área rural hay 118 y 52 sectores mixtos (es decir, aquellos ubicados en el área periurbana). No obstante, el análisis se realizó para 977 sectores catastrales del área urbana de los que se tenía información completa de todo el sistema de indicadores para el año 2015.

Las información utilizada proviene en mayor parte de fuentes de datos gubernamentales, dentro de las cuales se tiene la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital (UAECD), La Secretaría Distrital de Planeación (SDP), La Secretaría Distrital de Seguridad (SDS), La Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) y el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU). La mayor parte de la información surtió procesos de agregación o desagregación para la medición al nivel de sector catastral.

En la tabla 3, se presentan los niveles de clasificación para cada uno de los componentes calculados utilizando el método de componentes principales. A continuación, se presentan los mapas de cada una de las seis dimensiones objeto de estudio agrupando por percentiles el nivel de capacidad según la siguiente escala: bajo, medio, alto.

**Tabla 3.** Niveles de clasificación componentes

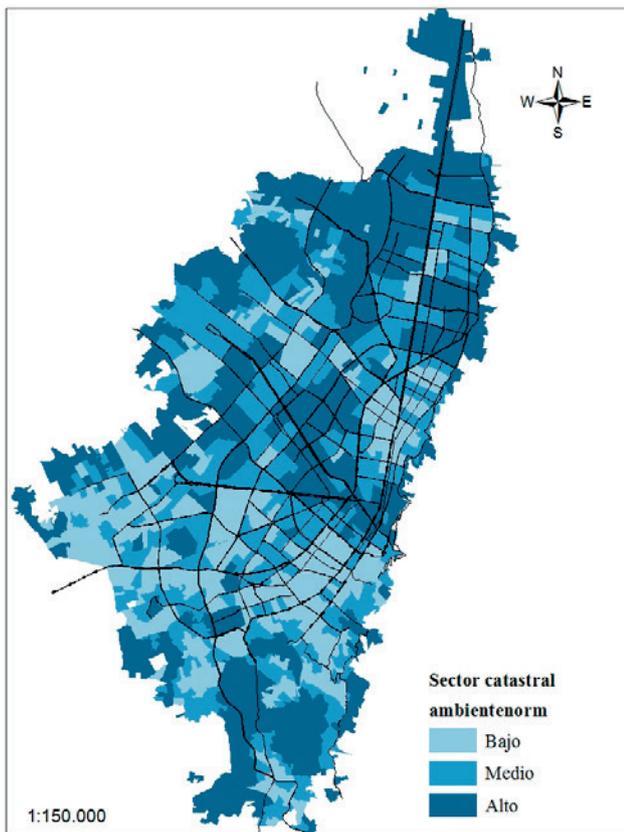
Dimensión	Niveles		
	Bajo	Medio	Alto
Medio Ambiente	0.0615 - 29.6330	29.6331 - 43.6358	43.6359 - 99.9958
Infraestructura	0.0467 - 10.004	10.4005 - 11.5211	11.5212 - 99.9758
Ambiente Construido	0.1966 - 40.2593	40.2594 - 47.0333	47.0333 - 99.9367
Accesibilidad	0.3551 - 23.8748	23.8749 - 43.722	43.7223 - 99.4418
Factores Económicos	0.0670 - 9.0524	9.0525 - 29.66935	29.66936 - 99.3088
Percepción social	0.0082 - 4.6235	4.6236 - 7.4745	7.4746 - 99.8441
Índice Global	0 - 0.4100	0.4101 - 0.4757	0.4758 - 1

Fuente: Elaboración propia

En términos ambientales, la información obtenida sobre la capacidad de carga de un área puede ser útil para establecer

estrategias de gestión y protección ambiental de ecosistemas estratégicos en la medida en que permiten determinar el nivel de presión que puede soportar un entorno natural en un área determinada. De esta forma, es posible reducir la presión sobre los recursos naturales y el medio ambiente a través de la transformación de las decisiones de ocupación del suelo, la optimización del espacio y la mejora en el nivel de gestión de los recursos. Como se puede observar en el Mapa 2, los resultados obtenidos para los 977 sectores catastrales de la dimensión medio ambiente evidencian una alta capacidad de carga en la zona norte y oriente de la ciudad y en menor medida en la zona sur de la ciudad. Para esta dimensión el porcentaje de ocupación del suelo es el indicador que explica en un 43.9% la variación del primer componente

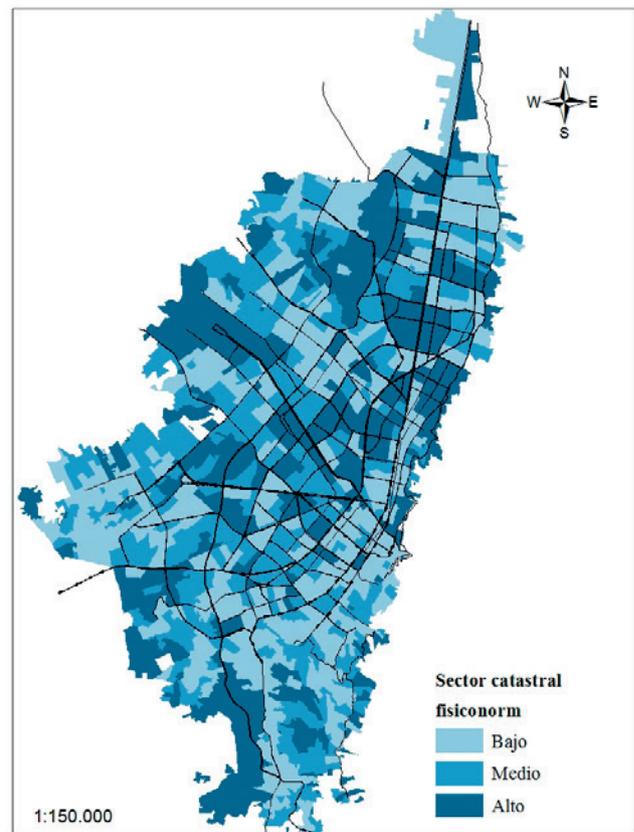
Mapa 2. Dimensión: Medio ambiente



Fuente: Elaboración propia

El aumento del nivel de urbanización está estrechamente relacionada con factores demográficos e impulsados por el nivel de desarrollo socioeconómico del área, sin embargo, para alcanzar objetivos de calidad de vida de la población residente es necesario garantizar la infraestructura de servicios públicos necesaria. La dimensión de infraestructura (ver Mapa 3) explica la capacidad de los sectores catastrales para soportar una mayor cantidad de actividades considerando indicadores de disponibilidad de servicios públicos, equipamientos y vías de acceso.

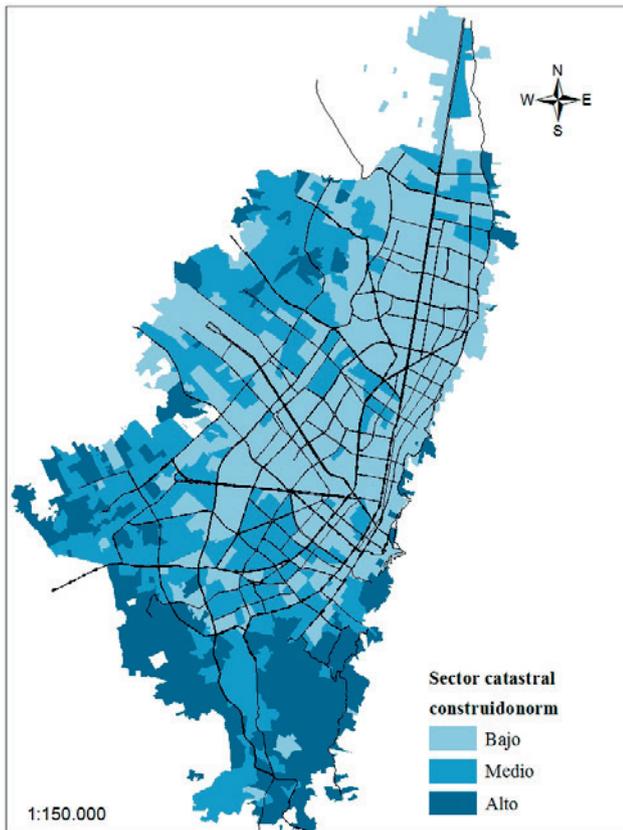
Mapa 3. Dimensión: Infraestructura



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la dimensión ambiente construido evidencian que el primer componente es aplicado en un 37% por la calificación predial, en un 24% por la mezcla de usos y un 17% por la altura. Como se puede apreciar en el Mapa 4 los sectores catastrales ubicados al sur de la ciudad muestran una alta capacidad de carga, estos resultados demuestran las oportunidades de generar procesos de renovación urbana y el aprovechamiento del potencial edificatorio que aún se puede desarrollar. De otro lado los sectores catastrales del centro, norte y oriente de la ciudad evidencian una baja capacidad de carga. En consecuencia, la mayoría de los sectores catastrales de estas zonas exhiben una alta calificación predial por las características de las nuevas construcciones, como un mayor número de pisos y la combinación de usos diferentes.

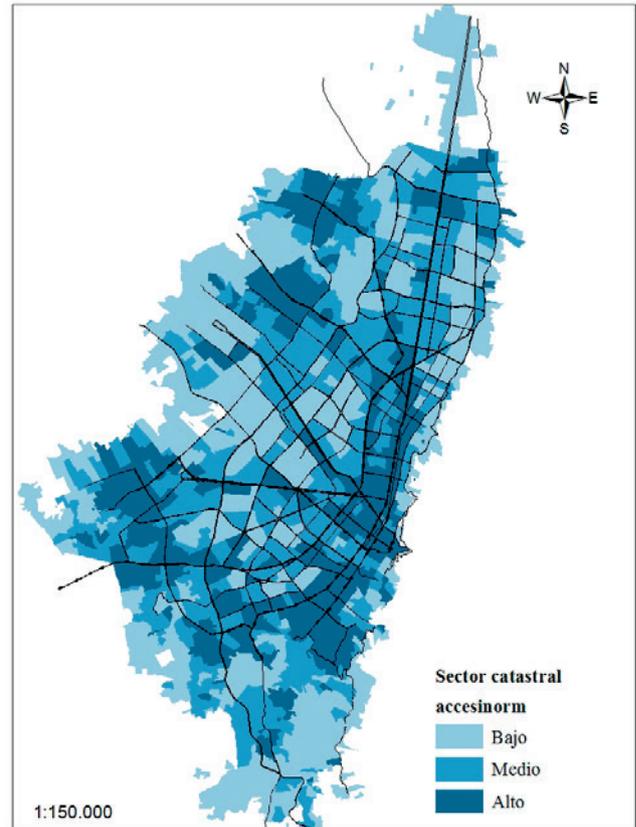
**Mapa 4.** Dimensión: Ambiente construido



Fuente: Elaboración propia

El componente de accesibilidad reporta información sobre la disponibilidad de redes de transporte público, en el Mapa 5, se puede evidenciar que los sectores catastrales ubicados en la periferia de la ciudad, en particular en el sur y noroccidente de la ciudad, tienen una menor capacidad de carga en términos de disponibilidad de transporte público dificultando de esta forma la movilidad de la población ubicada en la periferia y el acceso a centros de servicios y de empleo.

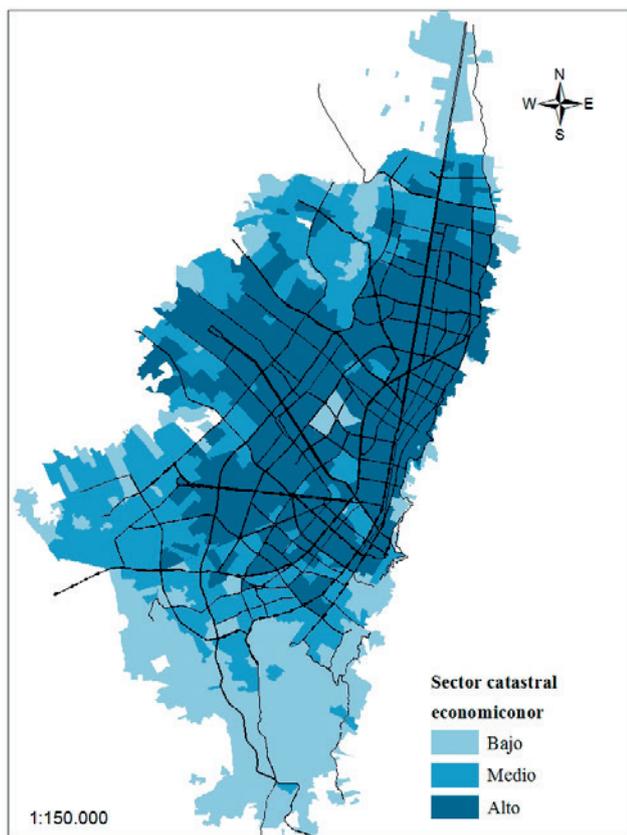
**Mapa 5.** Dimensión: Accesibilidad



Fuente: Elaboración propia

El Mapa 6 ilustra los resultados asociados a la dimensión económica explicado en el primer componente a través de los indicadores valores de referencia del suelo (50%) y el número de ocupados (50%). De acuerdo con esto, es posible identificar la capacidad de cada sector para soportar una mayor actividad económica, en consecuencia, se identifica una alta capacidad de carga en las zonas del norte, centro y occidente de la ciudad.

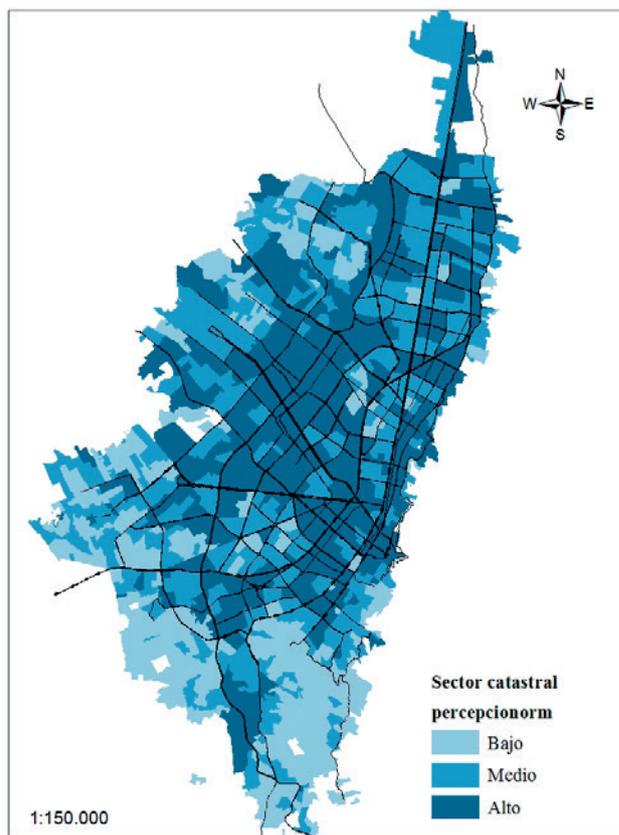
**Mapa 6.** Dimensión: Aspectos económicos



Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la dimensión de percepción social se evalúa la apreciación de la población residente sobre los cambios observados en los indicadores de hurtos a personas por hectáreas y el porcentaje de vías en buen estado. Como se puede observar en el Mapa 7, los resultados muestran una baja capacidad de carga en algunos sectores catastrales del sur y noroccidente de la ciudad en donde se concentra gran parte de la población de la ciudad.

**Mapa 7.** Dimensión: Percepción social



Fuente: Elaboración propia

Con el propósito de establecer un resultado global que reúna todos los componentes seleccionados se calculó un índice global correspondiente a los componentes de los componentes. Contrastando esto con los postulados teóricos se tiene que las dimensiones utilizadas para el cálculo del índice general no tienen el mismo peso. Por el contrario, se observa que la mayor parte del índice es explicada por el mayor peso que tienen el componente físico y el componente económico como se muestra en la tabla 4.

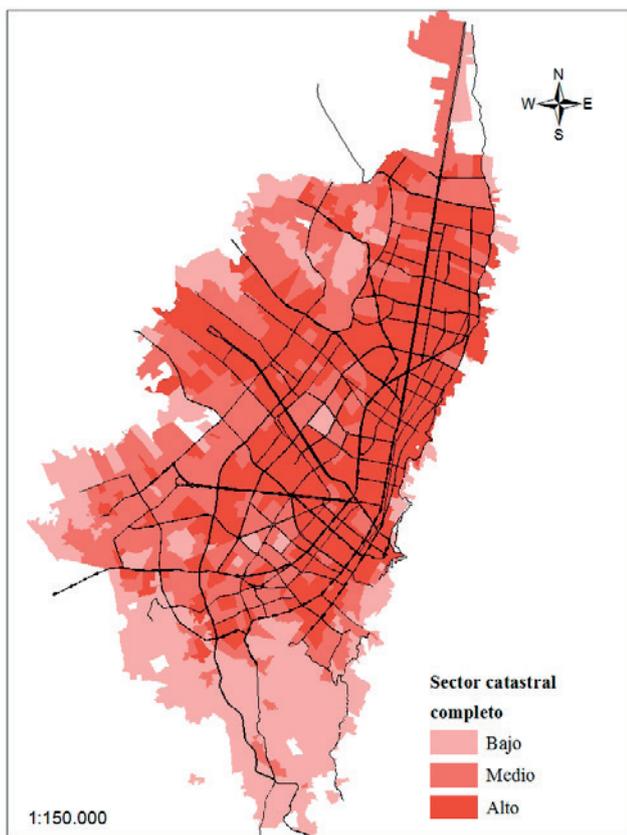
**Tabla 4.** Coeficientes del vector propio del componente del índice global

Variable	Coefficiente
Medio ambiente	-0.1465
Infraestructura	-0.1652
Ambiente construido	-0.6322
Accesibilidad	0.3106
Aspectos económicos	0.6210
Percepción social	0.2635

Fuente: Elaboración propia

Por esta razón, se encuentra que la capacidad de carga de un área se determina en función de la capacidad de soporte de la oferta y las presiones de la demanda. Esta forma reducir las presiones sobre la demanda genera una mejora relativa de la capacidad de soporte de la oferta. En el Mapa 8 se recogen los resultados índice global de capacidad de carga construido a partir del primer componente principal de cada una de las dimensiones.

**Mapa 8.** Índice global de capacidad de carga



Fuente: *Elaboración propia*

La capacidad de carga medida a través del índice global es baja para las áreas periféricas de la ciudad, mientras que en la zona oriental de la ciudad donde se concentra el centro financiero se presenta una mayor capacidad de carga. Esto guarda correspondencia con las áreas de mayor densidad poblacional (primer caso) y mayor densidad económica (segundo caso).

El resultado da cuenta que, si se observan de manera integral cada una de las zonas de la ciudad evaluadas, se tiene que aquellas zonas menos accesibles y más pobladas, son las de menor capacidad de soporte. Esto trae como consecuencia que no solo se presentan limitaciones en lo económico para que estos sectores mejoren sus ingresos, sino que también generan limitaciones al aumento de la calidad de vida de la población que reside allí. Por esta razón parece validarse la hipótesis de que Bogotá presenta un patrón socioespacial de centro periferia a partir de las principales áreas de actividad, con las consecuencias que de esto se pueda derivar (segregación, desempleo, problemas de salud pública, violencia urbana, etc.).

## 6. Conclusiones

El análisis de la capacidad de soporte urbano estimado evidencia las realidades que se presentan en las diferentes zonas de la ciudad. Por un lado, los buenos resultados en áreas de actividad económica predominante y en áreas residenciales planificadas. Por otro lado, se resaltan los sectores donde la construcción surge de manera espontánea en los que muchas veces el proceso no tiene en cuenta la provisión de infraestructura y condiciones urbanas buenas para la ubicación de las actividades humanas.

En términos del concepto de capacidad, el análisis también es útil para definir el balance entre lo público y lo privado y cómo el desequilibrio puede ir en detrimento de la calidad de vida de las personas que habitan o trabajan en las diferentes zonas de la ciudad. En este caso, el soporte físico no es homogéneo pero esto no implica que se concentre en una zona de la ciudad, cosa que si ocurre con el soporte de lo construido visto como la condición de las edificaciones y procesos constructivos. Es importante poder definir las trayectorias para balancear entre lo público y lo privado a través de procesos de mejoramiento integral en las áreas donde las dos dimensiones son bajas.

Por otro lado, el cruce de dimensión económica, física y de lo construido puede dar cuenta de áreas que requieren de procesos de renovación donde la capacidad económica supera las demás actividades, lo que produce problemas de saturación del territorio medido desde lo físico. En este caso también se pueden generar instrumentos para que la actividad económica pueda calificarse en estos sectores y atraer más agentes económicos a dichas zonas.

Para el caso de la accesibilidad es evidente el fuerte peso que presenta el tener portales de Transmilenio y paraderos de buses de SITP en las cercanías en los bordes de la ciudad y del acceso a las áreas de empleo lo cual demarca la coherencia de la organización del transporte. Sin embargo, para poder incrementar el soporte económico en áreas donde es bajo se requiere articular el transporte de subcentros a centros de actividad.

Para obtener resultados más precisos, es necesario incluir indicadores que permitan identificar otros factores de percepción social y de otros modos de transporte particular no motorizado en estudios futuros, así como la evaluación de la seguridad del suministro y la infraestructura energética.

## Referencias

- Arrow, K., Bolin, B., Costanza, R., Dasgupta, P., Folke, C., Holling, C. S., Pimentel, D. (1995). Economic growth, carrying capacity, and the environment. *Ecological Economics*, 15(2), 91-95. [https://doi.org/10.1016/0921-8009\(95\)00059-3](https://doi.org/10.1016/0921-8009(95)00059-3)
- Becker, R. H. (1978). Social carrying capacity and user satisfaction: An experiential function. *Leisure Sciences*, 1(3), 241-257. <https://doi.org/10.1080/01490407809512887>
- Bleischwitz, R., Welfens, P. J. J., & Zhang, Z. (Eds.). (2011). *International economics of resource efficiency: Eco-Innovation Policies for a Green Economy*. Heidelberg: Physica-Verlag, A Springer Company.
- Button, K. (2002). City management and urban environmental indicators. *Ecological Economics*, 40(2), 217-233. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(01\)00255-5](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(01)00255-5)
- Camagni, R. (1998). Sustainable urban development: definition and reasons for a research programme. *International Journal of Environment and Pollution*, 10(1), 6. <https://doi.org/10.1504/IJEP.1998.002228>
- Curwell, S. R., Deakin, M., & Symes, M. (Eds.). (2005). *Sustainable urban development*. London ; New York: Routledge.
- Daily, G. C., & Ehrlich, P. R. (1992). Population, Sustainability, and Earth's Carrying Capacity. *BioScience*, 42(10), 761-771. <https://doi.org/10.2307/1311995>
- Fang, W., An, H., Li, H., Gao, X., & Sun, X. (2017). Urban Economy Development and Ecological Carrying Capacity: Taking Beijing City as the Case. *Energy Procedia*, 105, 3493-3498. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.801>
- Graefe, A. R., Vaske, J. J., & Kuss, F. R. (1984). Social carrying capacity: An integration and synthesis of twenty years of research. *Leisure Sciences*, 6(4), 395-431. <https://doi.org/10.1080/01490408409513046>
- Hardin, G. (1986). AIBS News: Cultural carrying capacity: a biological approach to human problems. *BioScience*, 36(9), 599-606. <https://doi.org/10.1093/bioscience/36.9.599>
- Joardar, S. D. (1998). Carrying capacities and standards as bases towards urban infrastructure planning in India. *Habitat International*, 22(3), 327-337. [https://doi.org/10.1016/S0197-3975\(98\)00002-2](https://doi.org/10.1016/S0197-3975(98)00002-2)
- Lane, M. (2010). The carrying capacity imperative: Assessing regional carrying capacity methodologies for sustainable land-use planning. *Land Use Policy*, 27(4), 1038-1045. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2010.01.006>
- Liu, H. (2012). Comprehensive carrying capacity of the urban agglomeration in the Yangtze River Delta, China. *Habitat International*, 36(4), 462-470. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2012.05.003>
- Oh, K., Jeong, Y., Lee, D., Lee, W., & Choi, J. (2005). Determining development density using the Urban Carrying Capacity Assessment System. *Landscape and Urban Planning*, 73(1), 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2004.06.002>
- Peña, D. (2013). Análisis de datos multivariantes. McGraw-Hill España.
- Postel, S. (1994). Carrying Capacity: Earth's Bottom Line. *Challenge*, 37(2), 4-12.
- Santoso, E. B., Erli, H. K. D. M., Aulia, B. U., & Ghozali, A. (2014). Concept of Carrying Capacity: Challenges in Spatial Planning (Case Study of East Java Province, Indonesia). *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 135, 130-135. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.07.336>
- Seidl, I., & Tisdell, C. A. (1999). Carrying capacity reconsidered: from Malthus' population theory to cultural carrying capacity. *Ecological Economics*, 31(3), 395-408. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00063-4](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00063-4)
- Sevegnani, F., Giannetti, B. F., Agostinho, F., & Almeida, C. M. V. B. (2017). Assessment of municipal potential prosperity, carrying capacity and trade. *Journal of Cleaner Production*, 153, 425-434. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.018>
- Shi, Y., Wang, H., & Yin, C. (2013). Evaluation method of urban land population carrying capacity based on GIS—A case of Shanghai, China. *Computers, Environment and Urban Systems*, 39, 27-38. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2013.02.002>
- Tian, Y., & Sun, C. (2018). Comprehensive carrying capacity, economic growth and the sustainable development of urban areas: A case study of the Yangtze River Economic Belt. *Journal of Cleaner Production*, 195, 486-496. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.262>
- Wang, H., Shen, Q., Tang, B., Lu, C., Peng, Y., & Tang, L. (2014). A framework of decision-making factors and supporting information for facilitating sustainable site planning in urban renewal projects. *Cities*, 40, 44-55. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2014.04.005>
- Wei, Y., Huang, C., Lam, P., Sha, Y., & Feng, Y. (2016). Using Urban-Carrying Capacity as a Benchmark for Sustainable Urban Development: An Empirical Study of Beijing. *Sustainability*, 7(3), 3244-3268. <https://doi.org/10.3390/su7033244>
- Wei, Y., Huang, C., Lam, P. T. I., & Yuan, Z. (2015). Sustainable urban development: A review on urban carrying capacity assessment. *Habitat International*, 46, 64-71. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2014.10.015>
- Wen, K., Zhu, E., Zhang, G., Ye, T., Wu, Q., & Zhu, H. (2015). Basic Situation of Carrying Capacity of Beijing, Tianjin, and Hebei Province and Development Countermeasures. En *Current Chinese economic report series. Report on development of Beijing, Tianjin, and Hebei Province (2013): measurement of carrying capacity and countermeasures* (p. 289). Heidelberg.
- Zhang, X., & Li, H. (2018). Urban resilience and urban sustainability: What we know and what do not know? *Cities*, 72, 141-148. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2017.08.009>

## Anexo 1. Descripción de variables

Indicador	Descripción	Fuente
<i>PM10</i>	Nivel de material particulado de entre 2.5 y 10 micras suspendido en el aire	SDA
<i>Ocupación de suelo</i>	Es el área de suelo ocupada por las edificaciones respecto al total del área del sector catastral	UAECD
<i>Cobertura parque zonal</i>	Área de cobertura parque zonal a 750 metros	SDP
<i>Cobertura parque vecinal</i>	Área de cobertura parque zonal a 500 metros	SDP
<i>Área ríos, canales y humedales</i>	Porcentaje del área superficial respecto al área del sector catastral	SDP
<i>Densidad vía local</i>	Kilómetros de vías de alcance local respecto del área del sector catastral	SDP
<i>Densidad de vías intermedias</i>	Kilómetros de vías de conexión a las vías principales de la ciudad respecto del área del sector catastral	SDP
<i>Oferta de servicios</i>	Número de dotaciones de establecimientos educativos, de salud y de seguridad	SDP
<i>Área parques</i>	Hectáreas de parques	SDP
<i>Disponibilidad de energía eléctrica</i>	Cobertura del servicio de energía eléctrica	SDP
<i>Remanente Acueducto</i>	Diferencia entre los litros por segundo disponibles para el consumo y la demanda de agua	SDP
<i>Capacidad alcantarillado</i>	Diferencia entre los litros de agua servida a la red de alcantarillado y el potencial de recepción.	SDP
<i>Mezcla de usos</i>	Es el grado de combinación del uso residencial con los demás usos factibles en un terreno.	UAECD
<i>Altura pisos</i>	Es el promedio de número de pisos de las edificaciones del sector catastral	UAECD
<i>Calificación predial</i>	Es el promedio del puntaje que se asigna a las construcciones teniendo en cuenta aspectos como materiales, estado, antigüedad de la construcción. Cuenta con escala abierta donde un mayor puntaje refleja un mejor estado de la construcción.	UAECD
<i>Vetustez</i>	Es el periodo que tiene una construcción edificada. Dado que es un registro administrativo no necesariamente corresponde a la edad de la construcción.	UAECD
<i>Densidad predial</i>	Es el número de predios catastrales respecto al área del sector catastral	UAECD
<i>Accesibilidad por Transmilenio</i>	Porcentaje de área cubierta por las estaciones del sistema de transporte masivo Transmilenio a 500 metros o menos	SDP
<i>Accesibilidad por Transporte público - SITP</i>	Porcentaje de área cubierta por las paradas de buses del sistema de transporte a 100 metros o menos	SDP
<i>Valores de referencia</i>	Es el promedio del valor estimado del suelo en el sector catastral	UAECD
<i>Número de establecimientos</i>	Número de establecimientos económicos en el sector catastral	SDP
<i>Número de ocupados</i>	Número de empleados por empresas formalmente constituidas por sector catastral	SDP
<i>Hurtos a personas por hectárea</i>	Número de denuncias por hurto a las personas respecto del área del sector catastral medida en hectáreas	SDS
<i>Porcentaje de vías en buen estado</i>	Porcentaje de los kilómetros de vías que luego de su evaluación son reportadas en buen estado	IDU

## Anexo 2. Eigen values de los componentes principales de cada dimensión

## Dimensión: Medio ambiente

Variable	Componente
<i>Pm10norm</i> (PM10)	0.2144 (0.2854)
<i>pocupsuelo</i> (Porcentaje de ocupación del suelo)	0.6629 (0.2854)
<i>pqzonal</i> (Cobertura parque zonal a 750 metros)	-0.5528 (0.2854)
<i>pqvecinal</i> (Cobertura parque vecinal a 500 metros)	-0.3340 (0.2854)
<i>porCag_1</i> (Área de los cuerpos de agua)	0.3123 (0.2854)

**Dimensión: Infraestructura**

Variable	Componente
<i>vialocal</i> (Densidad vía local)	0.6301 (0.1509)
<i>viainterm</i> (Densidad vía intermedia)	0.6200 (0.1509)
<i>educa</i> (Número de equipamientos de educación)	-0.2886 (0.1509)
<i>hospitales</i> (Número de equipamientos de salud)	-0.2043 (0.1509)
<i>seguridad</i> (Número de equipamientos de seguridad)	-0.0859 (0.1509)
<i>areaparques</i> (Áreas de parques zonal y vecinal)	0.0998 (0.1509)
<i>energias</i> (Disponibilidad de energía eléctrica y gas)	-0.1473 (0.1509)
<i>acueducto</i> (Remanente acueducto)	0.1285 (0.1509)
<i>alcanta</i> (Capacidad de alcantarillado)	-0.1949 (0.1509)

**Dimensión: Ambiente construido**

Variable	Componente
<i>mezclauso</i> (Mezcla de usos)	0.4908 (0.4266)
<i>altura</i> (Altura de pisos)	0.4138 (0.4266)
<i>Califica</i> (Calificación predial)	0.6090 (0.4266)
<i>Vetustez</i> (Vetustez)	-0.3317 (0.4266)
<i>Densidadpred</i> (Predios por hectárea)	-0.3271 (0.4266)

**Dimensión: Accesibilidad**

Variable	Componente
<i>porareasitp</i> (Cobertura paraderos del sistema integrado de transporte público a 200 metros)	0.7071 (0.5537)
<i>Porareatm</i> (Cobertura estaciones de Transmilenio a 500 metros)	0.7071 (0.5537)

**Dimensión: Aspectos económicos**

Variable	Componente
<i>Vlref</i> (Valores de referencia)	0.7060 (0.4898)
<i>establecim-s</i> (Número de Establecimientos)	0.0421 (0.4898)
<i>ocupados</i> (Número de ocupados)	0.7069 (0.4898)

**Dimensión: Percepción social**

Variable	Componente
<i>denshurto</i> (Densidad de hurtos)	0.7071 (0.5251)
<i>Porviabueno</i> (Porcentaje de vías en buen estado)	0.7071 (0.5251)