



**Distribución espacial y accesibilidad a los espacios verdes urbanos en el Sur
Global: Medellín como caso de estudio**

Amalia Llano-Bojanini 1

Monografía para optar al título de Especialista en Medio Ambiente y Geoinformática

Asesor

Juan José García Duque, Esp. Medio Ambiente y Geoinformática

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Posgrado UdeA

Medellín

2024

Cita	Llano-Bojanini, 2024 [1]
Referencia	[1] Llano-Bojanini, A. “Distribución espacial y accesibilidad a los espacios verdes urbanos en el Sur Global: Medellín como caso de estudio”, Monografía, Posgrado UdeA, Universidad de Antioquia, Medellín, 2024.
Estilo IEEE (2020)	



Especialización Medio Ambiente y Geoinformática, Cohorte XIX.

Grupo de Investigación (N.A.)



Repositorio Institucional Universidad de Antioquia

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano/Director Julio César Saldarriaga.

Jefe departamento: Lina María Berrouet Cadavid.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

RESUMEN

En el contexto de los retos derivados de la rápida urbanización global, los espacios verdes urbanos emergen como una estrategia clave para fortalecer la resiliencia urbana. Aunque estos espacios proporcionan servicios ecosistémicos esenciales y mejoran la salud y el bienestar de los habitantes urbanos, su accesibilidad y distribución suelen ser desiguales y poco investigadas, especialmente en países en desarrollo. Esta investigación comparó las metodologías utilizadas en el estudio de la distribución y accesibilidad de los espacios verdes urbanos en el Sur Global durante los últimos cinco años, a través de una revisión bibliográfica y un caso de estudio en la ciudad de Medellín. La revisión reveló que no existe un consenso global sobre la definición de espacios verdes urbanos e identificó las metodologías más empleadas para su análisis. Al aplicar una de estas metodologías en Medellín, los resultados mostraron que la distribución y accesibilidad de los espacios verdes no son homogéneas y están relacionadas espacialmente con factores socioeconómicos. Este caso de estudio confirma algunas de las desigualdades identificadas en la literatura y subraya la necesidad de desarrollar definiciones y metodologías más inclusivas, adaptables y contextualizadas, que consideren factores como el género, la raza y las particularidades geográficas y topológicas de cada ciudad. Solo a través de un enfoque integral y adaptado a las necesidades del Sur Global será posible implementar políticas urbanas que promuevan una distribución equitativa de los espacios verdes y mejoren la calidad de vida de todos los habitantes.

Palabras clave — Espacios verdes urbanos, Sur Global, Accesibilidad, Distribución espacial, Metodología

ABSTRACT

In the context of the challenges posed by rapid global urbanization, urban green spaces emerge as a key strategy to strengthen urban resilience. While these spaces provide essential ecosystem services and improve the health and well-being of urban residents, their accessibility and distribution are often unequal and under-researched, especially in developing countries. This study compared the methodologies used in the analysis of the distribution and accessibility of urban green spaces in the Global South over the past five years, through a literature review and a case study in the city of Medellín. The review revealed that there is no global consensus on the definition of urban green spaces and identified the most commonly used methodologies for their study. When one of these methodologies was applied to Medellín, the results showed that the distribution and accessibility of green spaces are not homogeneous and are spatially related to socio-economic factors. This case study confirms some of the inequalities identified in the literature and emphasizes the need to develop more inclusive, adaptable, and context-specific definitions and methodologies that consider factors such as gender, race, and the geographical and topological particularities of each city. Only through a comprehensive approach, tailored to the needs of the Global South, will it be possible to implement urban policies that promote an equitable distribution of green spaces and improve the quality of life for all residents.

Keywords — Urban green spaces, Global South, Accessibility, Spatial distribution, Methodology

I. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la población mundial ha experimentado un crecimiento sin precedentes. De acuerdo a cifras presentadas por las Naciones Unidas, el 2008 marcó el punto de inflexión histórico en el que más del 50 % de la población comenzó a habitar en zonas urbanas[1]. Ahora, aproximadamente el 56 % de la población habita en ciudades y se espera que esta cifra aumente a 70 % para el 2050[2].

El rápido crecimiento urbano alrededor del mundo ha traído consigo retos importantes a nivel social y ambiental. Entre las consecuencias más notables del movimiento poblacional hacia las urbes se encuentran el aumento de las desigualdades sociales, el acceso limitado a espacios públicos y, en general, una relativa indiferencia hacia los aspectos medioambientales concernientes a las zonas urbanas[3].

Los espacios verdes urbanos (EVUs) son de particular interés dentro del contexto de urbanización mundial, debido a que tienen el potencial de incrementar la resiliencia y calidad de los entornos urbanos, promover estilos de vida sostenibles, proveer servicios ecosistémicos fundamentales y contribuir al bienestar y a la salud de las personas[4]. Por ejemplo, los EVUs, especialmente los bosques urbanos, pueden mejorar la calidad del aire, regular el clima local de las ciudades y disminuir el efecto de isla de calor urbana. Los EVUs también proveen refugios para la biodiversidad y contribuyen a la disminución de la contaminación del aire y a la reducción del ruido. Además, los EVUs proveen beneficios cognitivos, emocionales y psicosociales para los habitantes de las ciudades y contribuyen a la disminución del estrés y el cansancio, y al aumento de la atención y la memoria. Se ha comprobado, adicionalmente, que los EVUs reducen la prevalencia de enfermedades crónicas y la mortalidad. En general, entonces, estas áreas urbanas aumentan la calidad y la sostenibilidad de las ciudades significativamente.

Por su papel crucial en la regulación del clima local y los beneficios que traen para las ciudades, los EVUs han sido un tema de gran interés en los últimos años. Inicialmente, las investigaciones alrededor de los espacios verdes se centraron en su papel medioambiental y ecológico, con especial interés en la reducción de la contaminación, la conectividad biológica,

los bosques urbanos y el efecto de isla de calor, entre otros[3]. Posteriormente, sin embargo, aumentó el interés en estudiar aspectos ligados a lo social, a la desigualdad y a la justicia ambiental, debido a la relación estrecha entre estas zonas verdes y las dinámicas sociales en las que están inmersas y a los efectos de la pandemia del COVID-19. A raíz de estos estudios, las municipalidades alrededor del mundo han enfocado sus esfuerzos a aumentar el número y la accesibilidad a los espacios urbanos, y se ha comenzado a crear un corpus importante de conocimiento sobre el tema en la comunidad científica, con estudios enfocados en un amplio rango de temas.

Sin embargo, de acuerdo a una revisión de literatura sistemática que examinó la literatura publicada sobre EVUs de los últimos 30 años, existen brechas importantes dentro del conocimiento que se tiene respecto a estas áreas[3]. Este estudio determinó, entre otras cosas, que la gran mayoría de artículos publicados se han concentrado en la Unión Europea, Estados Unidos y Canadá y, recientemente, en China, debido a la rápida urbanización que se ha dado en el país. Los estudios realizados por investigadores pertenecientes a países latinoamericanos y africanos, en cambio, solo representaban un 18% de todos los artículos revisados. Según estos resultados, entonces, existe una brecha significativa en cuanto al conocimiento sobre EVUs en países del Sur Global. Según estos resultados, entonces, existe una brecha significativa en cuanto al conocimiento sobre EVUs en países del Sur Global[5].¹

El mismo estudio evidenció que el enfoque de las investigaciones y los temas estudiados difieren también entre las regiones del mundo. Puntualmente, el tema referente a la accesibilidad a los espacios verdes fue predominante en estudios relacionados con China[6], y solo empezó a aparecer frecuentemente en la literatura desde 2018. Es decir, los estudios sobre la accesibilidad a espacios verdes son relativamente recientes y se han concentrado en unas pocas áreas del mundo, también con una notable excepción en cuanto a países de América Latina, África y el Medio Oriente.

Existen, entonces, vacíos importantes en cuanto al conocimiento sobre los espacios

¹Para efectos de esta investigación, se utilizará la lista de países incluida en el reporte de las Naciones Unidas de 2004 “Forging a Global South”[5], con la excepción de China, cuyo papel dentro de las dinámicas económicas y geopolíticas del Sur Global es muy debatido en la actualidad

verdes y su accesibilidad en países del Sur Global (con la excepción de China). En países como estos, en las que las dinámicas sociales y urbanísticas responden a factores marcadamente distintos a aquellos de los países desarrollados (el Norte Global), es de especial interés entender la forma como la desigualdad y la distribución espacial de las ciudades afectan la accesibilidad de los residentes a los espacios verdes. Por lo tanto, es fundamental desarrollar metodologías específicas a estos contextos que sean sensibles a sus dinámicas particulares y que integren sus aspectos únicos, para así informar de forma más eficaz las decisiones de planificación del territorio y contribuir a ciudades más resilientes en países en desarrollo.

Por consiguiente, el objetivo de esta investigación fue comparar los métodos empleados en el estudio de la distribución espacial y la accesibilidad a EVUs en el Sur Global, mediante una revisión bibliográfica y un estudio de caso en la ciudad de Medellín, con el fin de aportar a la planificación territorial y fortalecer la resiliencia urbana en países en desarrollo. Se realizó una revisión de la literatura publicada sobre la accesibilidad y la distribución de EVUs en ciudades del Sur Global y, haciendo uso de los métodos descritos en la literatura, se evaluaron la distribución y la accesibilidad a los EVUs en la ciudad de Medellín.

II. METODOLOGÍA

A. Revisión de literatura

1) *Búsqueda y selección de artículos.* Considerando que el objetivo de esta investigación está relacionado con facilitar la planificación territorial en el Sur Global, donde la información y los recursos tienden a ser escasos, se limitó la revisión de literatura a artículos de acceso abierto disponibles en línea. Se accedió al [motor de búsqueda Mendeley](#) de Wiley el 7 de mayo de 2024 para buscar literatura científica de acceso abierto publicada en los últimos cinco años, entre 2020 y 2024. Se buscaron documentos tanto en inglés como en español, utilizando como principales términos de búsqueda “Espacios Verdes Urbanos” (“Urban Green Spaces”), “Accesibilidad” (“Accessibility”) y “Distribución” (“Distribution”). Los títulos y resúmenes de todos los documentos identificados fueron examinados y seleccionados para asegurar que incluyeran al menos un país del Sur Global^[5], excluyendo a China². Se evaluaron los textos completos solo si cumplían con los siguientes criterios de inclusión: (1) su tema principal de investigación se centraba en espacios verdes dentro de entornos urbanos (2) hacían referencia al menos a un país del Sur Global (3) estaban escritos en inglés o español (4) estaban relacionados con la distribución y/o accesibilidad de los EVUs y (5) eran de acceso abierto.

Antes de seleccionar los artículos según los criterios de inclusión y de eliminar duplicados, se seleccionaron 197 referencias. Tras revisar títulos y resúmenes y evaluar criterios de inclusión, se seleccionaron 31 referencias para la revisión completa. De las referencias seleccionadas, la mayoría (30) fueron escritas en inglés y sólo una fue escrita en español.

2) *Extracción de datos y síntesis.* Para revisar la literatura seleccionada, se realizó una evaluación cualitativa y una síntesis del material revisado, según el método de revisión presen-

²El informe de la ONU “Forjando un Sur Global” se utilizó para definir los países incluidos en el término general ‘Sur Global’; aunque China está incluida en la lista del informe, fue excluida de esta investigación debido al papel destacado de China en la investigación de EVUs, su poder geopolítico y económico, y su debatido estatus como miembro del Sur Global^[7]

tado por Muñoz-Pacheco y Villaseñor[8]. De cada estudio se extrajo la siguiente información:

(1) Tendencias de publicación y patrones geográficos: se registró el año de publicación, ciudad, país y continente donde se ubicó cada estudio (siempre y cuando estuviera disponible). Los artículos de revisión que se enfocaban en más de dos países no se incluyeron en el análisis de patrones geográficos.

(2) Métodos y fuentes de datos utilizados para evaluar la distribución y/o accesibilidad de los EVUs: el método utilizado en cada artículo para evaluar la distribución y/o la accesibilidad de EVUs se clasificó en una de 5 categorías: métodos de análisis espacial, entrevistas, revisiones, métodos combinados de revisión de literatura y análisis espacial o métodos combinados de entrevistas y análisis espacial. Además, para cada artículo, se hizo un resumen de las principales técnicas y herramientas que se utilizaron en la metodología (por ejemplo, índices NDVI, clasificaciones supervisadas de imágenes satelitales, análisis de “buffer”, análisis de redes, etc.). Los resultados de esta sección se condensaron en tablas que resumen los principales métodos encontrados a partir de la revisión.

(3) Resultados del estudio y discusión: para cada estudio se extrajeron y se resumieron los resultados y los puntos principales de discusión, con el fin de comprender el alcance de los métodos y los análisis de distribución y accesibilidad de espacios verdes en el Sur Global en los últimos cinco años. También se extrajeron puntos importantes para considerar a la hora de proponer metodologías para estudiar los EVUs en el Sur Global.

(4) Recomendaciones del autor y brechas en la investigación: en los artículos en los que estuvieran disponibles, se resumieron las recomendaciones de los autores para guiar investigaciones futuras. También se recopilieron recomendaciones de políticas del territorio, análisis de brechas en la investigación y, en general, cualquier recomendación ligada a mejorar las investigaciones y la implementación de los EVUs en el Sur Global.

B. Caso de estudio

1) *Metodología.* El caso de estudio sobre la accesibilidad y distribución de espacios verdes en la ciudad de Medellín se basó en la metodología propuesta por Roodsari y Hoseini[9]

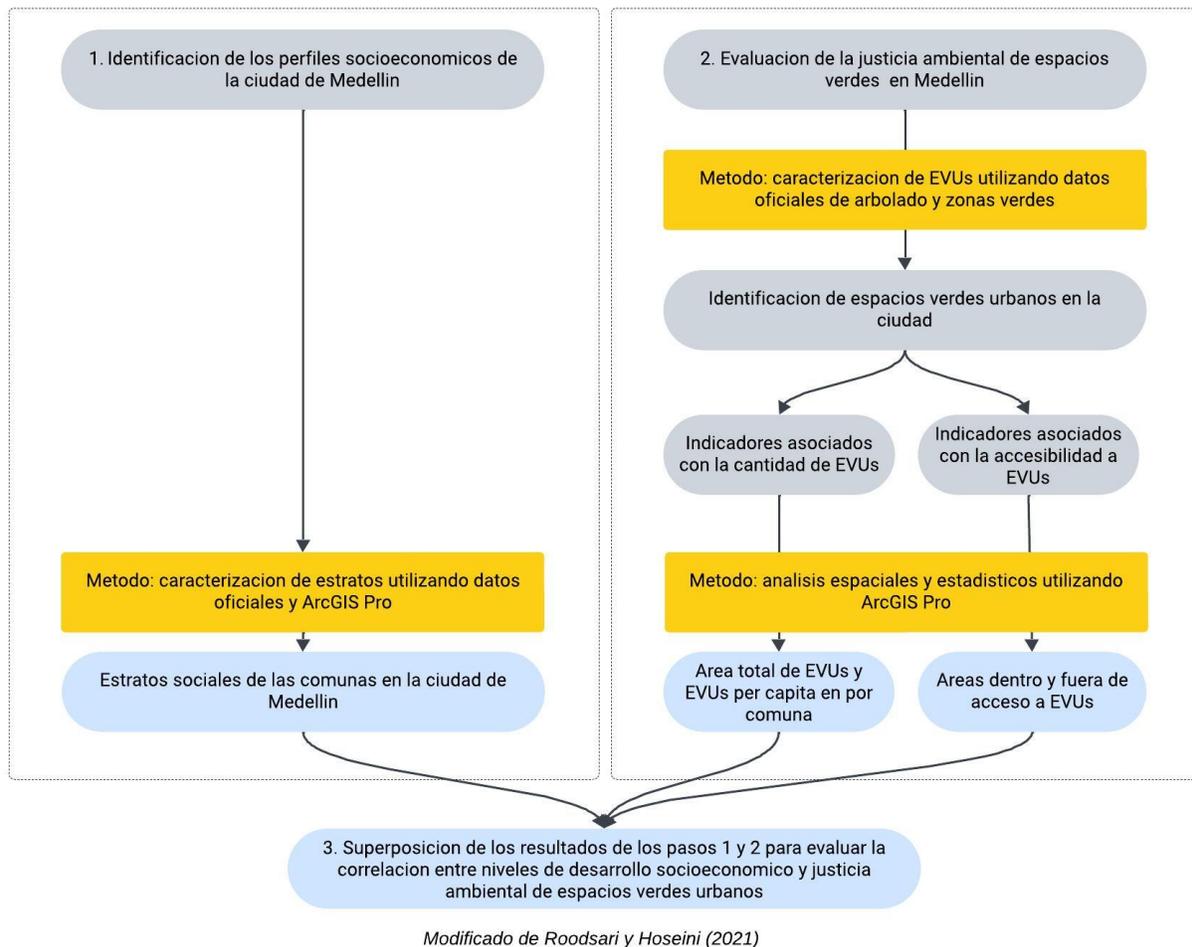


Fig. 1. Metodología adaptada de Roodsari y Hoseini[9].

para la ciudad de Teherán (**Fig. 1**). Esta metodología fue seleccionada por varias razones: en primer lugar, representa un enfoque sencillo y fácil de aplicar, que integra algunos de los índices y métodos más comunes utilizados para evaluar la distribución y accesibilidad de los EVUs. Además, el enfoque de los autores incluye una relación entre los índices de distribución y accesibilidad y el nivel de desarrollo económico de la población. Esta relación da cuenta de la justicia ambiental de los espacios verdes, útil para evaluar su efectividad real en el contexto urbano y apoyar la planificación del territorio.

a) *Fuentes de datos.* Las capas vectoriales (*shapefiles*) utilizadas para el análisis se obtuvieron a partir del [portal de Datos Abiertos Geomedellín](#) de la Alcaldía de Medellín y del Plan de Ordenamiento Territorial de la misma entidad, según el Acuerdo 048 de 2014³.

b) *Área de estudio.* Medellín es la segunda ciudad más grande en Colombia[6], con una población de alrededor de 2.6 millones de personas[10, 11]. Se ubica en la cordillera central de los Andes colombianos, a aproximadamente 1550 metros sobre el nivel del mar, y tiene una extensión de 376 km²[10, 11].

Medellín está dividida en unidades administrativas llamadas comunas, que a su vez se dividen en barrios y en áreas institucionales. La ciudad tiene 16 comunas, 275 barrios y 20 áreas institucionales[11]. Además, hacia la zona rural, en las laderas oriental y occidental, se encuentran 5 corregimientos que se dividen en veredas. Para efectos de este estudio, solo se consideraron las 16 comunas urbanas de la ciudad de Medellín. La **Fig. 2** resume el contexto espacial y la distribución poblacional de la ciudad de Medellín.

c) *Perfil socioeconómico.* En Colombia, las zonas residenciales se clasifican en seis categorías, conocidas como estratos, basadas en sus características socioeconómicas. Este sistema fue diseñado para que los hogares de mayores ingresos subsidien a los de menores recursos en el costo de los servicios públicos. Las unidades residenciales se agrupan en estratos del 1 al 6, donde el estrato 6 corresponde a las áreas de mayores recursos y el 1 corresponde a las de menores ingresos.

En las últimas décadas, la ciudad ha experimentado un rápido crecimiento urbano, lo que ha generado una notable heterogeneidad en sus características socioeconómicas y físicas[6, 12]. Actualmente, la población con mayores ingresos se localiza en el oeste y sur de Medellín, mientras que las zonas de menores ingresos se concentran en el norte y en las laderas rurales[6] (**Fig. 3**).

Para el propósito de este análisis, los estratos se utilizaron como medida análoga de

³El Acuerdo 48 de 2014 “Por medio del cual se adopta la revisión y ajuste de largo plazo del Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Medellín y se dictan otras disposiciones complementarias”

Población y contexto espacial de la ciudad de Medellín

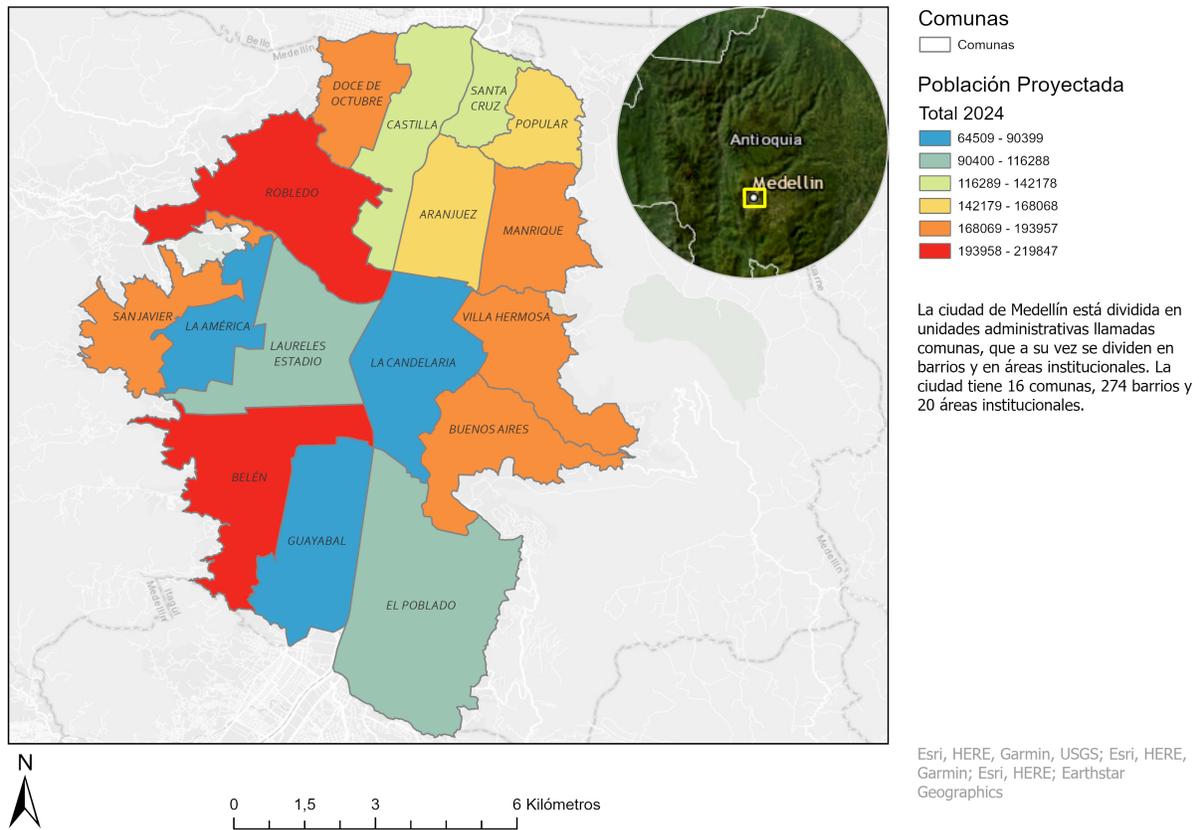


Fig. 2. Contexto espacial y distribución poblacional de la ciudad de Medellín.

La distribución de la población se basa en una proyección del [portal de Datos Abiertos Geomedellín](#) para el año 2024.

los 5 niveles de desarrollo propuestos por Roodsari y Hoseini[9] para identificar y caracterizar el perfil socioeconómico de la población.

d) Evaluación de indicadores de justicia ambiental de EVUs: identificación de EVUs en Medellín. La evaluación de la justicia ambiental de EVUs incluye dos indicadores, uno de disponibilidad y otro de accesibilidad a los EVUs en la ciudad. Dado que no existe un consenso global sobre la definición exacta de EVUs, se decidió evaluar los EVUs en Medellín desde dos enfoques distintos: el primero considera toda la vegetación urbana, y el segundo se enfoca en los espacios públicos destinados a la recreación donde predominan las áreas

Estratificación socioeconómica de la ciudad de Medellín

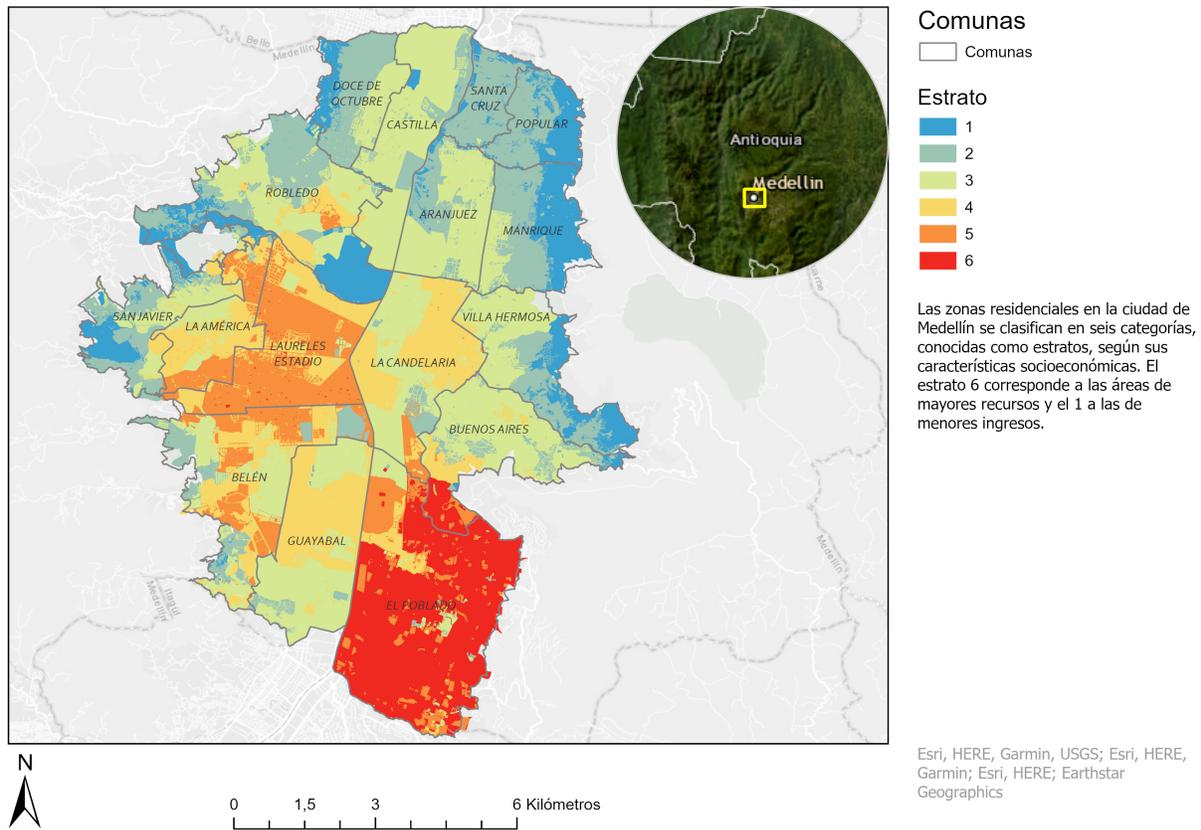


Fig. 3. Estratificación socioeconómica de la ciudad de Medellín.

La información presentada corresponde a la capa de estratos socioeconómicos del [portal de Datos Abiertos Geomedellín](#).

con vegetación [13, 14]. Para el primer enfoque, se utilizaron datos vectoriales del arbolado urbano de Medellín, mientras que para el segundo se emplearon datos vectoriales de los espacios públicos verdes existentes en la ciudad según el Plan de Ordenamiento Territorial, incluyendo miradores panorámicos, parques, plazas y zonas verdes de recreación (**Fig. 4**).

e) *Evaluación de indicadores de justicia ambiental de EVUs: indicadores asociados con la disponibilidad/distribución de EVUs.* Se calculó el área total de EVUs por separado para cada comuna, utilizando las capas vectoriales de espacios verdes y la de las unidades administrativas de la ciudad. Para obtener los espacios verdes per cápita, se dividió el área

Espacios verdes urbanos en la ciudad de Medellín

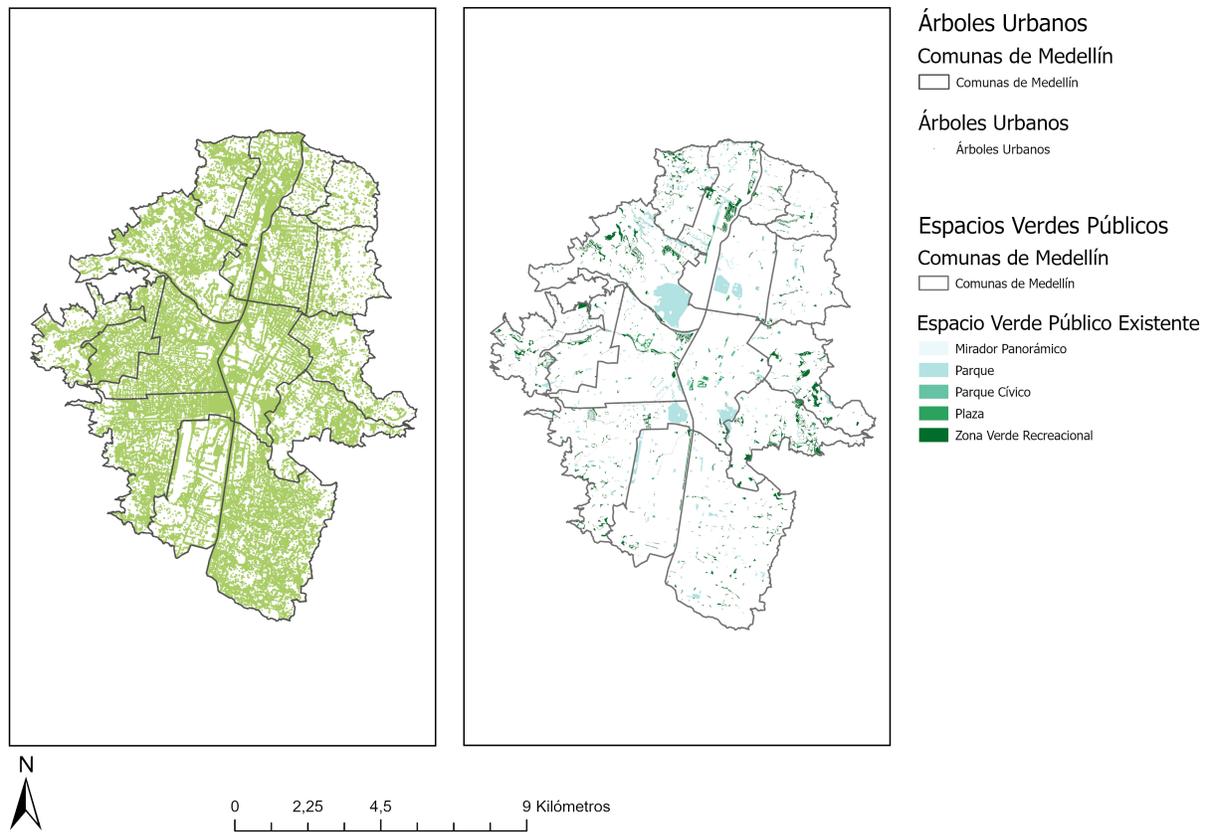


Fig. 4. Estratificación socioeconómica de la ciudad de Medellín.

La información presentada corresponde a la capa de estratos socioeconómicos del [portal de Datos Abiertos Geomedellín](#).

total de espacios verdes de cada comuna entre su población total proyectada para el 2024. Así, se obtuvo un índice de espacios verdes per cápita para cada comuna y para cada capa de espacios verdes. Los resultados se compararon con la capa de estratos socioeconómicos, que se promedió utilizando estadísticas zonales, para obtener un estrato promedio por comuna.

Indicadores según árboles urbanos. Para los análisis en los que se utilizó la capa de árboles urbanos, se creó un *buffer* de 15 metros alrededor de los árboles para generar polígonos representativos de las zonas verdes urbanas. El tamaño del *buffer* se determinó luego de consultar referencias[15] sobre el diámetro promedio de las copas de los árboles urbanos y

de realizar medidas al azar de las copas de árboles en las comunas de la ciudad utilizando imágenes satelitales de Google Earth. Este enfoque asume que una zona verde está en gran medida determinada por el área que cubren las copas de los árboles y su sombra. Ahora bien, aunque el diámetro promedio de la copa de los árboles varía entre 4 y 15 metros según los resultados presentados por Pretzsch et al.[15], se utilizó el valor superior del rango debido a que, de acuerdo con un análisis visual realizado con Google Earth y la capa de *buffers*, este diámetro capturó mejor las dimensiones de los espacios verdes de la ciudad. La capa resultante se separó en polígonos independientes que, posteriormente, se segmentaron utilizando la capa vectorial de comunas de Medellín. Finalmente, a cada comuna se le calculó el área total de espacios verdes y se dividió por su población para 2024 para obtener su área de EVUs per cápita.

Indicadores según espacios verdes públicos. De forma similar a lo que se hizo con la capa de árboles urbanos, la capa vectorial de espacios públicos recreativos existentes (parques, miradores panorámicos, parques cívicos, plazas y zonas verdes recreacionales) se segmentó según la capa vectorial de las comunas de Medellín. Los parques de cada comuna se agregaron en un solo polígono al que, posteriormente, se le calculó su área total. Finalmente, esta área se dividió por la población proyectada de la comuna para 2024 para obtener el índice de EVUs per cápita.

f) Evaluación de indicadores de justicia ambiental de EVUs: indicadores asociados con la accesibilidad a EVUs. En este paso, se utilizó la herramienta de *Buffer* en ArcGIS Pro para crear *buffers* alrededor de las capas de espacios verdes. Se utilizaron las mismas distancias propuestas por Roodsari y Hoseini[9] para calcular la accesibilidad a los espacios verdes(**Tabla I**), de 400 metros y 800 metros, que representan distancias de 5 y 10 minutos a pie, respectivamente. Así, se identificaron las zonas dentro y fuera del área de servicio de los espacios verdes para cada comuna. Por último, los resultados del análisis de áreas de servicio se compararon con las capas vectoriales de estratos socioeconómicos promedio por comuna y de distribución poblacional.

TABLA I
CRITERIOS DE BUFFERING.

Adaptada de Roodsari y Hoseini[9].

Accesibilidad a pie	Tiempo	Diámetro de Buffer/ Distancia a pie
Bueno	Dentro de 5 minutos	400 m
Apropiado	Dentro de 10 minutos	800m
Pobre	Más de 10 minutos	Todas las distancias fuera de la zona de buffer

III. RESULTADOS

A. Revisión de literatura

1) *Tendencias de publicación y patrones geográficos.* De los 31 estudios evaluados, tres (9,7%) fueron escritos en 2020, 6 (19,4%) fueron escritos en 2021, 11 (35,5%) en 2022 y 2 (6,5%) fueron escritos en 2024, entre enero y mayo (**Fig. 5**).

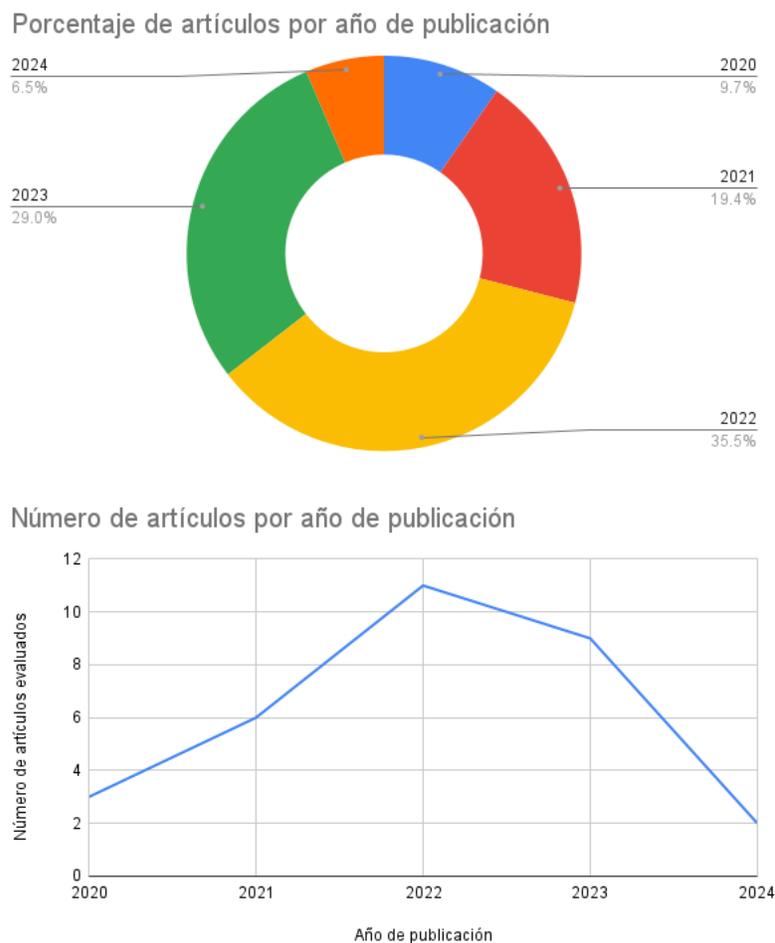


Fig. 5. Porcentaje y número de artículos por año de publicación.

La mayoría de los artículos que se evaluaron fueron publicados en 2022.

Los artículos evaluados procedían de 16 países diferentes (excluyendo cinco artículos de revisión en los que se tuvieron en cuenta más de dos países). La mayoría de los artículos evaluados (67,9%) procedían de países de Asia (**Fig. 6**). El país con el mayor número de

estudios fue Turquía, con cinco estudios, que representaron el 18,5 % de los artículos evaluados. Después de Turquía, los países con mayor representación fueron Irán (11,1 %), Arabia Saudita, Ghana, India, México y Pakistán (7,4 % cada uno) (**Fig. 7**). Un total de 24 ciudades estaban representadas dentro de los estudios evaluados. Solo dos ciudades, Lahore (Pakistán) y Accra (Ghana) fueron el foco de más de un estudio (**Fig. 8**).

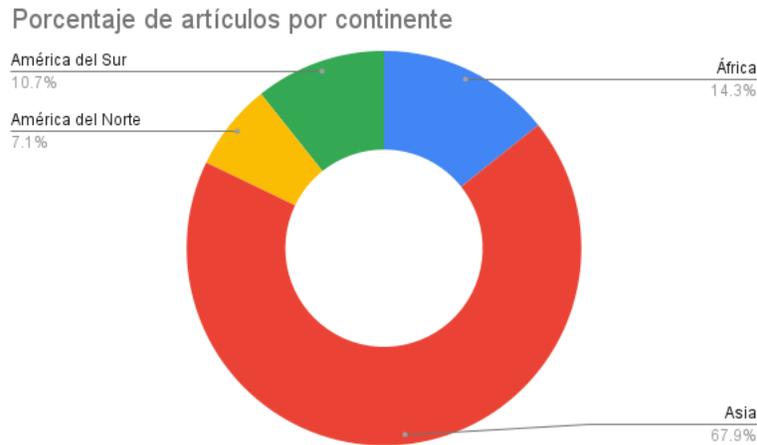


Fig. 6. Procedencia de artículos por continente.

La mayoría de los artículos procedían de países en Asia.

2) *Métodos y fuentes de datos utilizados para evaluar la distribución y/o accesibilidad de los EVUs.*

a) *Definiciones.* Dado que la forma en que se estudia un fenómeno está estrechamente relacionada con cómo se define y se delimita, se consideraron las definiciones propuestas por los autores en los estudios revisados para términos clave como “espacios verdes urbanos” y “accesibilidad” (**Tabla II**).

En general, los EVUs se agruparon en dos categorías principales: el primer grupo incluyó toda la vegetación presente en una ciudad, mientras que el segundo se centró en las áreas verdes específicas, como parques o bosques urbanos, que están diseñadas para ofrecer recreación y bienestar[13]. Es importante destacar que, como señalan Khan, Hossain y Alam[16] o Cuvi[13], no existe una definición universalmente aceptada de EVUs, por lo que

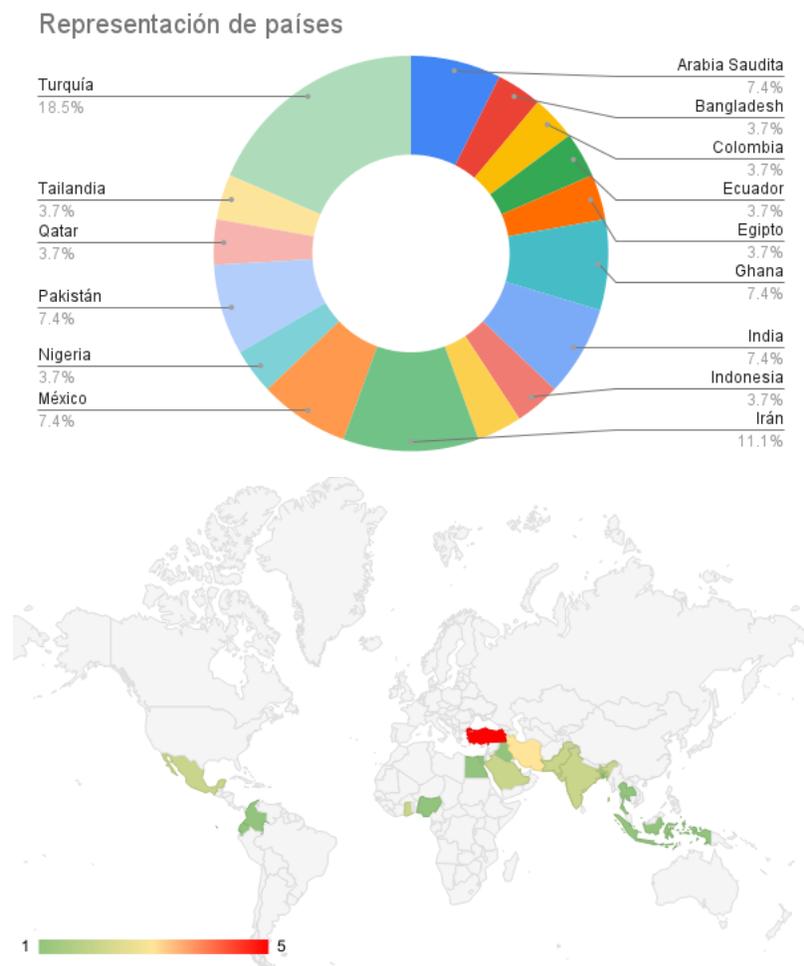


Fig. 7. Ubicación geográfica de los artículos.

La mayoría de los artículos procedían de Turquía e Irán, seguidos de Arabia Saudita, Ghana, India, México y Pakistán. Turquía tuvo el mayor número de estudios (cinco), seguida de Irán (tres), Arabia Saudita, Ghana, India, México y Pakistán (dos cada uno). Los países en verde tuvieron la menor representación (un estudio cada uno), seguidos de los países en verde claro (dos estudios), amarillo (tres estudios) y rojo (cinco estudios).

cada estudio utilizó su propia interpretación. En la mayoría de los casos, no se definió explícitamente qué se entendía por “espacios verdes urbanos” o por “áreas verdes urbanas”, aunque algunos estudios sí especificaron el tipo de espacios verdes que incluían en sus análisis (**Tabla II**).

TABLA II
DEFINICIONES DE “ACCESIBILIDAD” Y DE “ESPACIOS VERDES URBANOS”.

Ref.	Término	Definición
[17]	Accesibilidad	“El comportamiento de las personas dentro de la estructura de un área urbana de lo local a lo global. La accesibilidad es la facilidad de acceso para moverse hacia un destino.” Define también la accesibilidad como “el menor cambio de direcciones para acceder a un área.”
[18]	Accesibilidad	“La facilidad para alcanzar muchos destinos desde muchos orígenes dentro de la red urbana en varias escalas espaciales.”
[19]	Espacios verdes urbanos	“Cualquier vegetación encontrada dentro del ambiente urbano, incluyendo parques, espacios verdes abiertos, jardines residenciales, manglares, arbolado urbano e infraestructura verde.”
[20]	Espacios verdes urbanos	“Ecosistemas naturales, seminaturales y artificiales dentro, alrededor y entre áreas urbanas en todas las escalas espaciales.” En este estudio solo se consideran aquellas accesibles y abiertas al público.
[13]	Verde urbano y áreas verdes urbanas	Artículo menciona debate existente entre formas de entender los EVUS: “Para ciertas personas, [verde urbano] incluye a todas las superficies con vegetación, públicas o privadas, como jardines, parques, quebradas, árboles de vereda, cementerios, entre otros. En esa línea, Bush y Hes[21] han sostenido que la idea de “verde urbano” debe ser intencionadamente general y amplia para incluir toda la vegetación de la ciudad. Para otras personas, por el contrario, el verde urbano solo estaría representado por áreas de uso público como parques; según Harder, Ribeiro y Tavares[14], son espacios abiertos y accesibles, relacionados con la recreación activa y pasiva, que proporcionan interacción entre las actividades humanas y el ambiente, donde predominan áreas con vegetación plantada.”

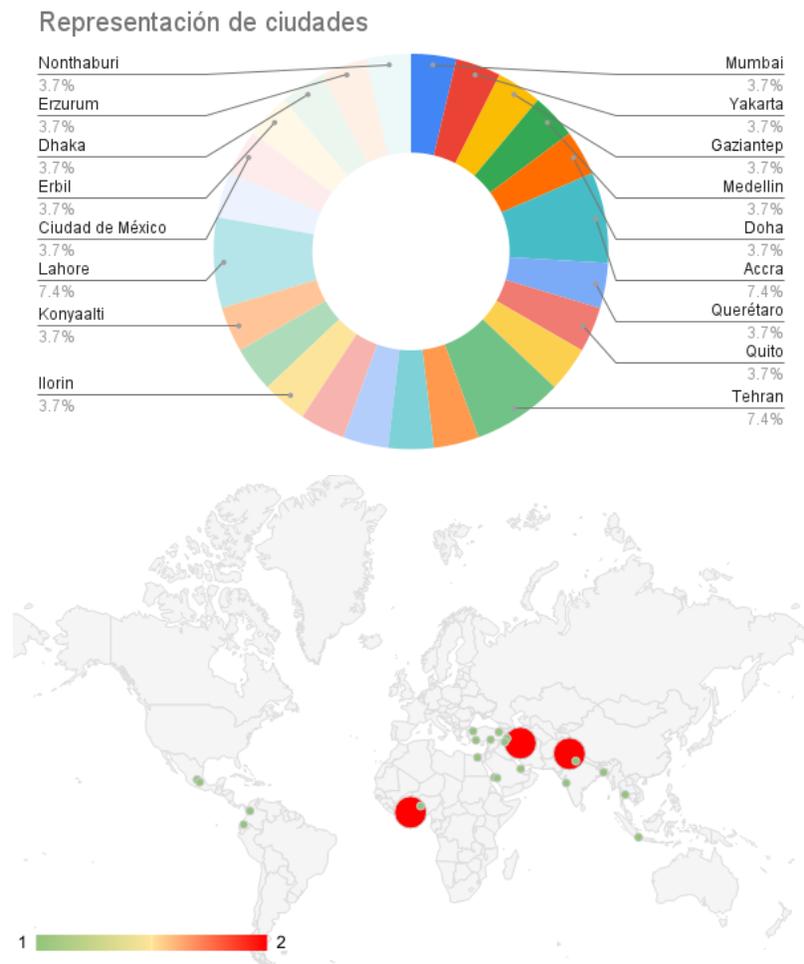


Fig. 8. Ciudades evaluadas en los estudios.

Solo dos ciudades fueron evaluadas en más de un estudio, Lahore y Accra. Todos los demás estudios se centraron en una o dos ciudades que no se repitieron en ningún otro estudio. Los círculos rojos grandes representan las dos ciudades que se estudiaron más de una vez en los artículos evaluados.

b) Escala de análisis. De los estudios experimentales revisados, la mayoría se centraron en análisis realizados en una sola ciudad. Solo uno de los estudios comparó dos ciudades en diferentes países[22]. De manera similar, solo uno de los estudios se enfocó en comparar los espacios verdes en ciudades a nivel global[23].

c) Métodos y técnicas de análisis. De los estudios evaluados, la mayoría (22) utilizaron métodos de análisis espacial para evaluar la accesibilidad y/o la distribución de los EVUs

(Tablas III y IV) . El resto de los artículos se basaron en entrevistas (1) o revisiones bibliográficas (4), o en una combinación de uno de estos métodos con análisis espaciales (4) (Tabla V).

TABLA III
RESUMEN DE TIPOS DE MÉTODOS Y TÉCNICAS UTILIZADAS EN LOS ESTUDIOS EVALUADOS:
MÉTODOS DE ANÁLISIS ESPACIAL.

Ref.	Año	Ciudad	Técnicas y descripción de método
Tipo de método: análisis espacial			
[22]	2020	Mumbai, Yakarta	Fragstats - método de parches con NDVI
[17]	2020	Gaziantep	Método de space syntax
[6]	2020	Medellín	NDVI y buffers - distancias y disponibilidad de EVUs
[18]	2021	Doha	Método de space syntax
[23]	2021	Varias	Datos de luces nocturnas, imágenes Landsat para generar mapas de cobertura, extracción de EVUs, cálculo de índices de cobertura y accesibilidad, comparaciones entre ciudades según biomas e ingresos
[20]	2021	Querétaro	Método de interpretación visual con imágenes de alta resolución, network analysis para evaluar accesibilidad
[24]	2021	Nidge	Imágenes satelitales, network analysis, tamaño de EVUs, área de EVUs per capita
[25]	2022	Tehran	Área de espacios verdes, patrón de distribución espacial utilizando nearest neighbor y multi-distance spatial cluster analysis (Ripleys K), matriz de decisión, normalización de capas, entre otros
[26]	2022	Cairo	Space syntax y network analysis

En cuanto a las técnicas utilizadas en cada estudio, se observó una gran diversidad de aproximaciones, herramientas y técnicas. Cada aproximación, como era de esperarse, estaba muy ligada al objetivo principal del artículo. Sin embargo, cabe destacar que algunas técnicas fueron más frecuentes que otras. Por ejemplo, varios artículos utilizaron imágenes Landsat o Sentinel como base para hacer una clasificación supervisada o no supervisada de la cobertura

TABLA IV

RESUMEN DE TIPOS DE MÉTODOS Y TÉCNICAS UTILIZADAS EN LOS ESTUDIOS EVALUADOS:
MÉTODOS DE ANÁLISIS ESPACIAL (CONT.).

Ref.	Año	Ciudad	Técnicas y descripción de método
Tipo de método: análisis espacial			
[27]	2022	Noida	Análisis multicriterio de adecuabilidad
[28]	2022	Urmia	Network analysis (costo de viaje) e indicadores de desigualdad espacial
[29]	2022	Ilorin	Selección de espacios verdes, buffer, indicadores poblacionales y tipos de EVUs según uso
[30]	2022	Yildirim	Selección de espacios verdes (imágenes satelitales y datos municipales), buffer, espacio verde por persona
[31]	2022	Konyaalti	Selección de espacios verdes (imágenes satelitales y datos municipales), buffer, espacio verde por persona
[32]	2023	Lahore	Sentinel 2, NDVI, less-cost path, capas de indicadores económicos
[33]	2023	Taif	Análisis multicriterio de adecuabilidad
[34]	2023	Ciudad de México	Clasificación de EVUs según tamaño, distribución espacial, tamaño y número según municipalidades, área per cápita, correlación con índice de marginalización y densidad poblacional
[35]	2023	Lahore	NDVI, regresión lineal.
[36]	2023	Erbil	Network analysis (costo de viaje)
[16]	2023	Dhaka	Landsat para identificación de espacios verdes y análisis de accesibilidad con buffer
[37]	2024	Erzurum	Espacios verdes per capita, tamaño de parques, distribución, accesibilidad utilizando network analysis
[38]	2024	Nonthaburi	Clasificación de imágenes satelitales, cálculos de índices de espacios verdes (urban green space index, per capita green space) y análisis de accesibilidad

TABLA V
RESUMEN DE TIPOS DE MÉTODOS Y TÉCNICAS UTILIZADAS EN LOS ESTUDIOS EVALUADOS:
ENCUESTAS, REVISIONES Y MÉTODOS COMBINADOS.

Ref.	Año	Ciudad	Técnicas y descripción de método
Tipo de método: combinado revisión de literatura y análisis espacial			
[13]	2021	Quito	Combinación de bibliografía, información geográfica, variables socioeconómicas y análisis socioespacial. Ortofotos y clasificación supervisada, spatial join para evaluar accesibilidad y análisis estadísticos
[9]	2022	Tehran	Revisión de literatura, buffer, análisis de factores socioeconómicos, área de EVUs per cápita (área total/población total) por distrito
Tipo de método: revisión de literatura			
[39]	2022	Varias	Revisión de literatura
[8]	2022	Varias	Revisión sistemática de literatura
[3]	2023	Varias	Revisión sistemática de literatura utilizando análisis bibliométrico
[40]	2023	Varias	Revisión de literatura
Tipo de método: combinado encuestas y análisis espacial			
[19]	2021	Accra	Encuestas, imágenes Landsat para evaluar cambios en cobertura, clasificaciones supervisadas y i-Tree para evaluar valor de servicios ecosistémicos
[41]	2023	Accra	Encuestas, NDVI, regresión.
Tipo de método: encuestas			
[42]	2022	Jeddah	Encuestas, entrevistas y análisis estadísticos

del suelo, el índice NDVI para identificar EVUs y análisis espaciales basados en *buffers* o análisis de redes (más conocidos como *network analysis*) para examinar la accesibilidad de los EVUs. Otros métodos frecuentes fueron el método de *space syntax* y, en casos en los que

se buscaba encontrar sitios idóneos para EVUs, los análisis multicriterio de adecuabilidad (*suitability analysis*).

Los métodos utilizados en los artículos presentaron un rango amplio de complejidad y variaron entre métodos de análisis espacial relativamente simples, como los *spatial joins* o los *buffers*, hasta métodos complejos como los de *space syntax*, análisis de clusters o métodos que combinaban análisis espaciales con análisis estadísticos y/o análisis socioeconómicos de mayor complejidad. Entre los métodos de mediana complejidad se encontraron, por ejemplo, los que utilizaron *network analysis*, clasificaciones supervisadas y no supervisadas a partir de imágenes satelitales, análisis de costo de viaje, análisis multicriterio de adecuabilidad e índices como el NDVI a partir de capas ráster. Adicionalmente, se identificaron varios indicadores, como el espacio verde per cápita, o el índice de espacio verde, que se utilizaron frecuentemente en los estudios evaluados.

Cabe destacar que los métodos utilizados para analizar la distribución y accesibilidad de los espacios verdes estuvieron estrechamente relacionados en la mayoría de los estudios revisados. En general, se emplearon análisis métricos, como *buffers* y distancias euclidianas, y métodos topológicos, como el de *space syntax* o el *network analysis*, para evaluar la accesibilidad. Para la disponibilidad y distribución de EVUs, se utilizaron enfoques como el análisis de área o número de espacios verdes por unidad administrativa, o la caracterización de espacios verdes según su tamaño, régimen de gestión, tipo, etc. Dado que la distribución y accesibilidad de los espacios verdes están interconectadas, sin embargo, la mayoría de los estudios utilizaron métodos mixtos y complementarios. Por ejemplo, algunos emplearon índices como el NDVI o clasificaciones supervisadas a partir de imágenes satelitales para identificar los EVUs, y luego aplicaron *buffers* o análisis topológicos para evaluar la accesibilidad[23], [20] o [31].

d) *Fuentes de datos.* En cuanto a las fuentes de datos, en general, la mayoría de los artículos utilizaron una mezcla de fuentes de datos de acceso abierto (como imágenes satelitales Landsat, Sentinel, mapas base, Google Earth o datos de luces nocturnas), datos municipales, entrevistas o literatura publicada para abordar sus objetivos. Se utilizaron, además,

herramientas SIG como ArcGIS y QGIS y otros programas especializados como Fragstats, Depthmap, Autocad, R, RStudio, GeoDA, etc.

3) Resultados de los estudios y discusión

a) Distribución y disponibilidad de EVUs. En general, la distribución de los EVUs en las ciudades analizadas mostró patrones variables y heterogéneos que se relacionaron, en la mayoría de los casos, con factores socioeconómicos, demográficos y/o geográficos.

Hwang et al.[22] estudiaron la distribución de los EVUs en Yakarta y Mumbai y encontraron que esta distribución variaba según el tipo de gestión de los espacios verdes y según el valor del suelo. Uno de los hallazgos más destacados fue que el valor de la tierra se correlacionó negativamente con la proporción total de espacios verdes en ambas ciudades. Además, este patrón se mantuvo para los EVUs no gestionados, que se concentraron principalmente en las periferias urbanas. Por otro lado, los espacios verdes gestionados siguieron una tendencia diferente: la mayor cobertura vegetal se observó en los distritos con valores de predio más altos. Finalmente, los autores también encontraron que en ambas ciudades existía una correlación negativa entre el tamaño de los parches de vegetación y el valor del suelo.

En Teherán, Roodsari y Hoseini[9] encontraron que, aunque los distritos más adinerados se beneficiaron más de la disponibilidad de EVUs, esta tendencia no siempre se cumplió en los distritos de menores recursos, ya que la distribución de EVUs en estas áreas era más heterogénea. A pesar de esto, los autores concluyeron que, en general, la distribución de los EVUs en la ciudad era desbalanceada. Además, señalaron que los índices que miden el área de espacios verdes per cápita no reflejan adecuadamente la distribución espacial de estos espacios y podrían, entonces, estar favoreciendo indirectamente la desigualdad en el acceso a estas áreas. De forma análoga, Ghasemi et al.[25], encontraron que la distribución de espacios verdes en la misma ciudad presentó un patrón agrupado por clusters y, como Roodsari y Hoseini, concluyeron que la distribución de EVUs era desequilibrada en Teherán, con algunos distritos más favorecidos que otros. En ciudades como Medellín[6], Querétaro[20], Ilorin[29], Konyaalti[31], Lahore[32], Ciudad de México[34] y Dhaka[16] también se encontraron distri-

buciones asimétricas y desiguales de los EVUs. En muchos de estos casos la disponibilidad de espacios verdes fue tanto desbalanceada como deficiente.

Por otro lado, Tannous et al.[18] observaron que la distribución de los EVUs en Doha variaba según su tamaño. En general, los espacios verdes más grandes seguían una distribución espacial ordenada y lógica, mientras que los más pequeños tendían a estar dispersos de forma aleatoria por la ciudad. En la misma línea, Ayala-Azcarraga et al.[34] encontraron que los EVUs más pequeños fueron los más abundantes en en la Ciudad de México.

Aunque la mayoría de los estudios revisados se centraron en los EVUs a escala de ciudad, algunos, como el de Huang et al.[23], desarrollaron análisis a escala global. En este caso, los autores utilizaron mapas de cobertura de EVUs generados a partir de imágenes de luces nocturnas. Sus resultados mostraron que las ciudades de Europa y Estados Unidos tenían altos niveles de cobertura de EVUs, mientras que regiones del Sur Global, como el oeste de Asia y el norte de África, presentaron niveles más bajos. Las ciudades en biomas boreales tuvieron los índices más altos de cobertura de EVUs, mientras que las ciudades en biomas áridos obtuvieron los más bajos. Asimismo, las ciudades de países con altos ingresos tuvieron mayores índices de cobertura, mientras que las de países con ingresos bajos mostraron los índices más bajos.

En general, los artículos evaluados mostraron que, para muchas de las ciudades evaluadas, la cobertura de espacios verdes fue baja y desbalanceada, especialmente en áreas de alta densidad poblacional, o en áreas de poblaciones con recursos más limitados[32, 34, 35, 6, 19]. Estos resultados también están en línea con los hallazgos de Muñoz-Pachecho y Villaseñor[8] para América Latina, donde la disponibilidad y acceso a los espacios verdes es menor, probablemente debido a sus desigualdades sociales.

b) Accesibilidad a EVUs. Günaydin y Yücekaya[17] evaluaron la percepción de accesibilidad a un parque en Gaziantep utilizando dos métodos contrastantes: métrico y topológico. Los autores encontraron que los resultados variaron significativamente según el enfoque aplicado. Resaltaron, además, que los métodos topológicos no solo calculan distancias de manera más realista, considerando una red de vías, sino que también tienen en cuenta cómo las per-

sonas eligen las rutas según su percepción del espacio. Igualmente, Mehrian et al.[28] utilizan una combinación de métodos topológicos y métricos para evaluar la accesibilidad a los EVUs en la ciudad de Urmia y encuentran que entre el 5%, según distancia euclidiana, y el 18%, según el método de *network analysis*, de las zonas residenciales de la ciudad se encuentran por fuera del área de servicio de los EVUs. Ambos artículos hacen énfasis en las diferencias significativas que existen entre los resultados obtenidos a partir de los métodos métricos y de los métodos de redes.

De manera similar, Tannous et al.[18] evaluaron la accesibilidad a los espacios verdes en Doha según su tamaño utilizando un método topológico (*space syntax*). De acuerdo a sus resultados, los autores destacan la importancia de utilizar métodos topológicos para evaluar la accesibilidad de los parques respecto a su tamaño y evitar situaciones como las que se presentaron en Doha, en las que un parque puede ser demasiado grande para su grado de accesibilidad limitado, o, por el contrario, demasiado pequeño para su alto grado de accesibilidad.

Farfán et al.[20] utilizaron un método topológico basado en redes (*network analysis*) para analizar la accesibilidad de los espacios verdes en la ciudad de Querétaro, al preferir este tipo de método sobre otros basados en distancias euclidianas. A partir de su análisis, los autores señalaron que alrededor del 35 % de la población de la ciudad vive a más de 300 metros de un espacio verde urbano. Autores como [37, 24, 25] y [36], también utilizaron el método de *network analysis* para evaluar la accesibilidad a los EVUs en diferentes ciudades.

Por el contrario, autores como Cuvi y Gómez-Vélez[13] y Roodsari y Hoseini[9], eligieron metodologías no topológicas para analizar la accesibilidad de los EVUs. En el caso de Quito[13], se encontró, a partir de un *spatial join*, que los parques más accesibles fueron los más pequeños. En el caso de Teherán[9], los autores utilizaron *buffers* de 400 y 800 metros para calcular la accesibilidad a los EVUs y encontraron que un alto porcentaje de la ciudad está fuera del área de servicio de los espacios verdes. Otros autores[29, 30, 31, 16], también optaron por utilizar métodos no topológicos (*buffers* en su mayoría) para analizar la accesibilidad a EVUs.

En general, tanto los estudios que utilizaron métodos topológicos como los que em-

plearon métodos no topológicos mostraron que la mayoría de las ciudades analizadas tienen un déficit en el acceso a parques y EVUs. Los mapas y las mediciones de accesibilidad revelaron una notable disparidad en la suficiencia de estos espacios en el Sur Global en los últimos cinco años. Los indicadores de accesibilidad mostraron diferencias significativas tanto entre barrios y distritos como a nivel de ciudades completas. Estos resultados coinciden con los hallazgos de Sun et al.[39], que identificaron una desigualdad global en el acceso a los EVUs en su artículo de revisión.

4) *Recomendaciones de los autores y brechas en la investigación.* Los artículos evaluados hacen recomendaciones relacionadas con metodologías, avances en la planificación del territorio y/o brechas en la investigación ligada a EVUs que podrían abordarse en el futuro.

Algunas de las sugerencias se centraron en considerar factores climáticos y económicos en la planificación de espacios verdes, especialmente en contextos con recursos limitados y bajo las recomendaciones de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Se resaltó también la importancia de evitar procesos que prioricen la rentabilidad sobre la planificación urbana, ya que esto aumenta la segregación y limita la disponibilidad y el acceso a espacios verdes. Además, se recomendó evaluar la calidad de las infraestructuras que hacen parte de los EVUs y estudiar las dinámicas de cambio en el acceso, especialmente entre diferentes grupos socioeconómicos.

Además, otros artículos hicieron énfasis en la importancia de tomar medidas proactivas para la preservación de los espacios verdes existentes, debido al alto costo que supondría reintroducir sus funciones en el futuro. También se encontraron cuestionamientos respecto a los tipos de espacios verdes en los que se debe invertir para crear ciudades más equitativas, al tener en cuenta procesos como la gentrificación o los servicios ecosistémicos.

Para futuros estudios, se propuso, asimismo, investigar la calidad de los parques, en cuanto a la diversidad de vegetación, los servicios ecosistémicos que proveen y la fragmentación, entre otros, y utilizar enfoques más integrados para entender las causas de la inequidad en la disponibilidad y el acceso a los EVUs. También se sugiere un enfoque temporal en los estudios, para observar cómo cambian las dinámicas a lo largo del tiempo, y la inclusión de

indicadores cualitativos para medir la justicia ambiental de los espacios verdes.

Finalmente, se encontraron recomendaciones que sugieren más investigación sobre los factores urbanos, económicos e históricos que afectan la distribución de los espacios verdes, con un énfasis en diseñar políticas y estrategias que prioricen el bienestar de las comunidades marginadas y promuevan la equidad ecológica en las ciudades.

B. Caso de estudio

1) Indicadores de justicia ambiental de EVUs asociados con la cantidad de EVUs.

a) Indicadores según árboles urbanos. La **Fig. 9** resume los indicadores de EVUs por persona encontrados para cada comuna a partir de la capa de árboles urbanos y los relaciona con el estrato promedio de cada comuna. Para esta metodología de estimación, el área de espacio verde por persona, o EVUs/cápita, varió entre 2.91 m² y 55.26 m². En total, 6 de las 16 comunas (37.5 %) tuvieron un índice de espacio verde por persona menor al mínimo recomendado por la OMS de 9 m²[20, 43]. El resto de las comunas (62.5 %) tuvieron índices por encima del mínimo recomendado por la OMS. Solo una comuna (El Poblado), sin embargo, tuvo un índice óptimo de EVUs según la OMS, que recomienda un valor ideal de 50 m² por persona[43]. Las comunas con menor índice de espacio verde correspondieron a aquellas con los estratos promedio más bajos, como se observa en la **Fig. 9**. Estas comunas, además, son aquellas que se ubican en la periferia y, en general, más hacia la zona norte de la ciudad.

b) Indicadores según espacios verdes públicos. La **Fig. 10** resume los indicadores de EVUs por persona encontrados para cada comuna a partir de la capa de espacio verde público recreativo y los relaciona con el estrato promedio de cada comuna. Para esta metodología de estimación, el área de espacio verde por persona, o EVUs/cápita, varió entre 0.74 m² y 8.56 m². En este caso, ninguna de las 16 comunas tuvo un índice de espacio verde por persona mayor al mínimo recomendado por la OMS de 9 m²[20, 43]. Las comunas con menor índice de espacio verde correspondieron, también en este caso, a aquellas con los estratos promedio más bajos, como se observa en la **Fig. 10**. La comuna con el mayor valor del índice

Espacios verdes urbanos por persona (EVUs/ persona) en la ciudad de Medellín: árboles urbanos

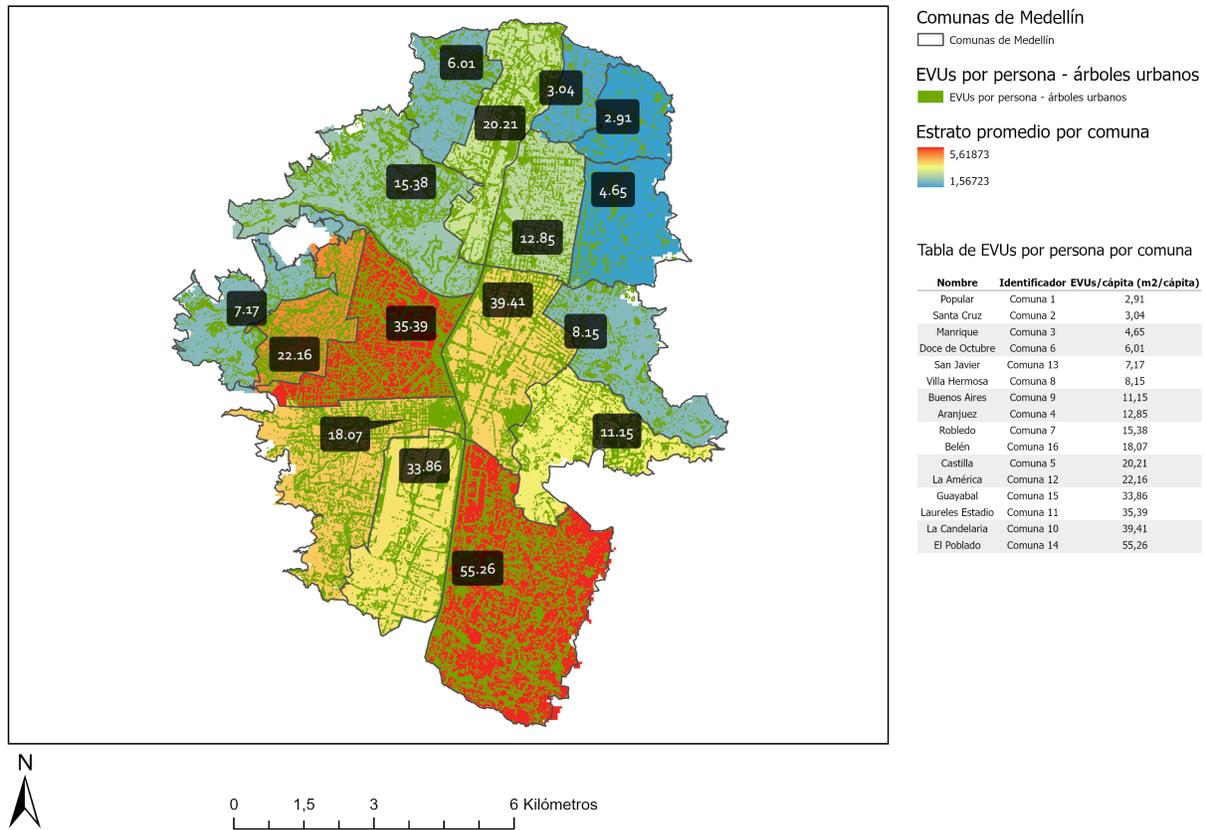


Fig. 9. EVUs por persona según la capa de árboles urbanos de la ciudad de Medellín.

El mapa muestra el área (en m²) de espacios públicos por persona calculados a partir de la capa de árboles urbanos en cada comuna de Medellín. Los resultados se presentan junto con un estimado del estrato promedio por comuna para proveer una forma de evaluar la justicia ambiental de EVUs en la ciudad.

de EVUs/cápita es Robledo, donde se encuentra el cerro El Volador, un área verde pública de gran tamaño. Además de Robledo, se destacan La Candelaria y Laureles, que también poseen áreas recreativas de gran tamaño, como el Cerro la Asomadera y el Cerro Nutibara.

2) Indicadores de justicia ambiental de EVUs asociados con la accesibilidad de los EVUs.

Al emplear las distancias de buffer de 400 y 800 metros propuestas por Roodsari y Hoseini[9], se observó que, en casi todos los casos, el 100% del área urbana estaba dentro de la zona de cobertura de los EVUs. El único escenario en el que no toda la ciudad estaba cubierta por los

Espacios verdes urbanos por persona (EVUs/ persona) en la ciudad de Medellín: espacio público

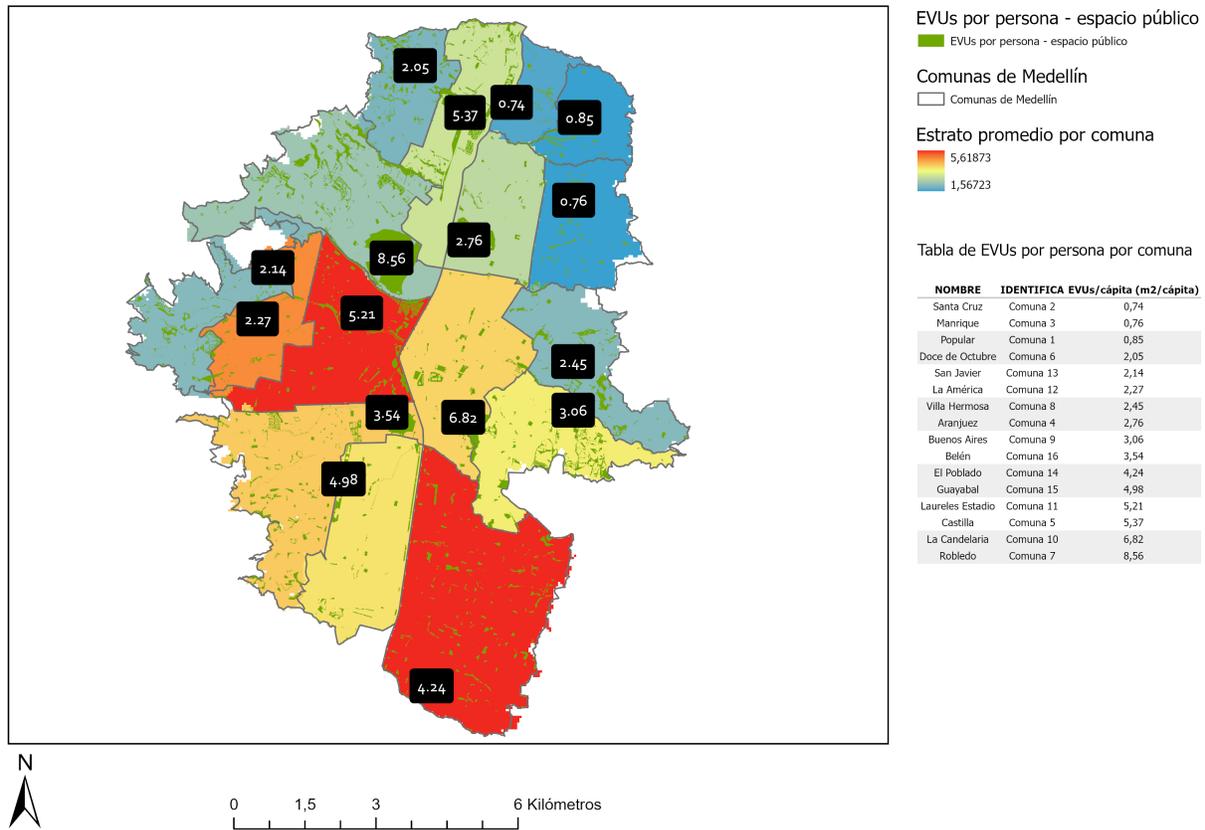


Fig. 10. EVUs por persona según la capa de espacio verde público recreativo de la ciudad de Medellín. El mapa muestra el área (en m²) de espacios públicos por persona calculados a partir de la capa de espacios públicos recreativos de Medellín. Los resultados se presentan junto con un estimado del estrato promedio por comuna para proveer una forma de evaluar la justicia ambiental de EVUs en la ciudad.

EVUs fue cuando se consideraron los espacios públicos accesibles a 400 metros. En ese caso, el 1.38% del área urbana quedó por fuera de la zona de servicio de los EVUs a 400 metros (Fig. 11).

Cabe mencionar que, en otros de los estudios evaluados, la metodología de buffers utilizó distancias de buffers que variaron entre 200 y 1200 metros [31, 30, 29], debido a diferencias en las estimaciones de la velocidad a pie, o en el tamaño de los EVUs y de las ciudades evaluadas. En este caso, debido a la mayor disponibilidad de EVUs en la ciudad de Medellín

y a su área relativamente pequeña en comparación con la de otras de las ciudades estudiadas en los artículos de la revisión, podrían considerarse distancias más pequeñas (entre 200 y 300 metros) para evaluar la accesibilidad a espacios verdes con una resolución mayor.

Accesibilidad a espacios verdes en la ciudad de Medellín a 400 metros lineales: espacio público

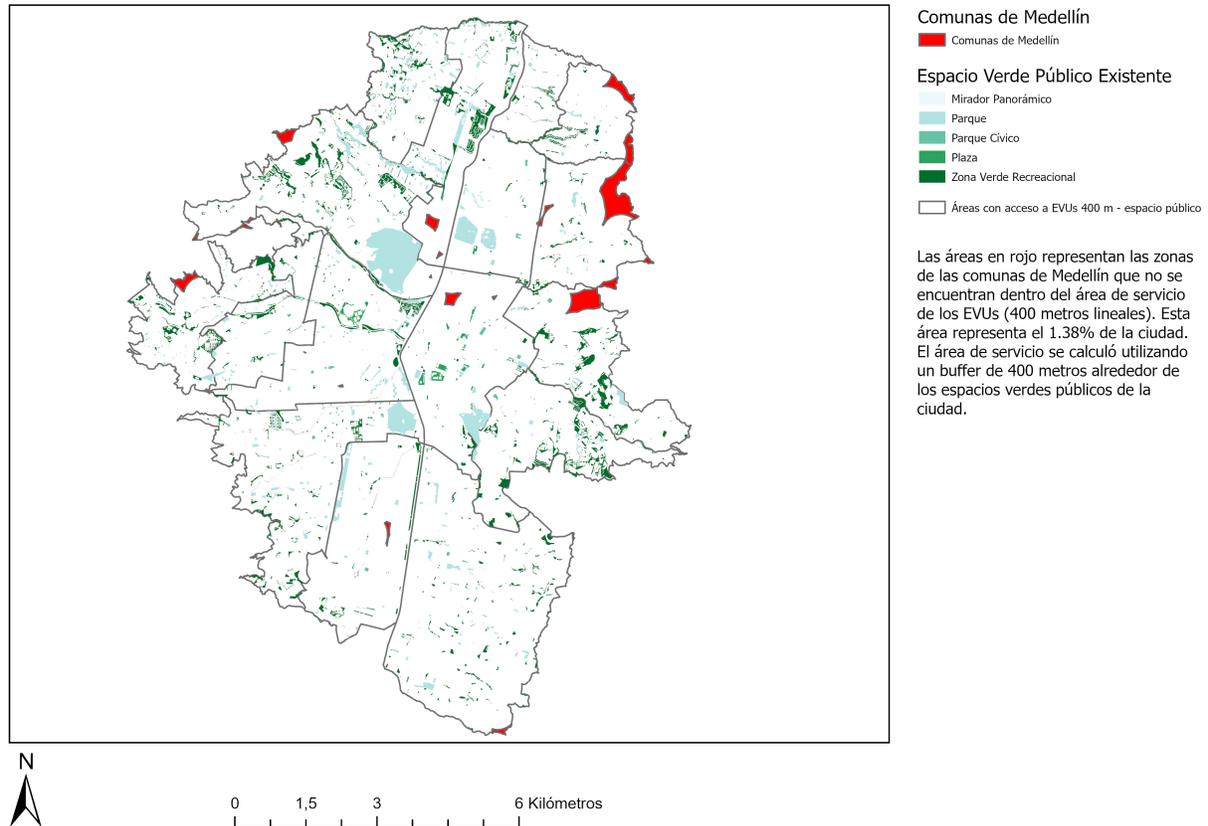


Fig. 11. Área de servicio de los espacios verdes públicos en la ciudad de Medellín (a 400 metros). El mapa muestra el área de servicio de espacios verdes públicos en la ciudad a 400 metros lineales. Las áreas en rojo se encuentran por fuera del área de servicio. Estas zonas representan el 1.38% del área de la ciudad.

IV. DISCUSIÓN

A. Falta de consenso sobre la definición de EVUs

La falta de consenso global sobre la definición de EVUs genera incertidumbre en su clasificación y medición. Aunque existen algunas definiciones generales, los enfoques varían según el contexto y los objetivos de cada estudio, lo que complica la evaluación de aspectos clave como la accesibilidad, la distribución y el impacto de estos espacios en las ciudades. Esta falta de acuerdo plantea dificultades tanto para la investigación como para la implementación de políticas públicas efectivas.

La definición de espacios verdes tiene implicaciones directas sobre los métodos empleados para su estudio. Si se asocia principalmente con los servicios ecosistémicos de regulación o de aprovisionamiento, como la mitigación de la isla de calor urbana o la mejora de la calidad del aire, la medición se centraría idealmente en la vegetación existente en un área determinada. Sin embargo, si el concepto se vincula con servicios ecosistémicos culturales, salud humana (física y mental) y recreación, la definición debería incorporar áreas de vegetación de uso público, esenciales para que los habitantes de la ciudad puedan disfrutar de los beneficios mencionados.

El caso de estudio en Medellín ilustra cómo las distintas definiciones impactan los resultados obtenidos. Cuando se considera solo la vegetación, se concluye que el espacio verde es suficiente para cubrir las necesidades de más de la mitad de la población. En cambio, al centrarse en espacios públicos de recreación, se observa que la ciudad carece de una cantidad adecuada de estos recursos para satisfacer las necesidades de casi todas las comunas. Este contraste resalta la importancia de una definición clara y precisa, que debe alinearse con los objetivos del estudio, los Objetivos de Desarrollo Sostenible, la justicia ambiental y las necesidades de la planificación urbana.

B. Disparidades metodológicas en la medición de los EVUs en el Sur Global

A pesar de los avances en el análisis de los EVUs, persisten vacíos importantes no solo en su definición, sino también en su medición y clasificación. Los índices utilizados para evaluar estos espacios no siempre capturan la complejidad de su distribución y accesibilidad, lo que puede llevar a interpretaciones erróneas sobre su función en una región determinada. En particular, como demuestra la revisión de la literatura, existen disparidades metodológicas que reflejan la falta de cohesión en los estudios del Sur Global a nivel de las definiciones, enfoques e índices que utilizan.

La heterogeneidad de los contextos sociales, culturales y económicos en los países del Sur Global requiere el desarrollo de métodos integrales y adaptables, que puedan ajustarse a las diferencias en el acceso a la información y las condiciones locales. En muchas ciudades del Sur Global, la falta de recursos, la urbanización acelerada y la segmentación social afectan tanto la distribución como la calidad de los EVUs. Por tanto, es esencial crear enfoques flexibles y cohesivos que puedan responder a las realidades específicas de cada región.

Además, los índices deben ir más allá de la cuantificación de EVUs. Es necesario considerar dimensiones adicionales, como el tamaño, el tipo, la calidad, la seguridad y la percepción que tienen los ciudadanos de los EVUs. Incorporar estos factores permitirá una evaluación más precisa de la justicia espacial y podría facilitar la planificación del territorio para cubrir las necesidades de diferentes sectores poblacionales.

Las metodologías también deben ser flexibles para adaptarse a diferentes escalas geográficas, ya sea a nivel de barrios, ciudades o regiones más amplias. Esto permitirá evaluar las características particulares de cada área, como la densidad poblacional, la infraestructura disponible y las condiciones socioeconómicas. Al desarrollar definiciones y métodos adaptables, es posible diseñar políticas urbanas más inclusivas y justas, que promuevan una distribución equitativa de los EVUs y mejoren la calidad de vida de todos los habitantes, independientemente de su contexto social o económico.

Es crucial, entonces, que las definiciones y metodologías para estudiar los EVUs integren no solo índices de disponibilidad, calidad y accesibilidad, sino también factores so-

cioeconómicos, de género y de raza. La distribución y el acceso a los espacios verdes no son homogéneos dentro de una ciudad; diversos grupos sociales pueden tener un acceso desigual a estos recursos, lo que afecta su capacidad para beneficiarse de ellos. Factores como el nivel de ingresos, el género y las diferencias raciales o étnicas juegan un papel fundamental en la distribución y uso de los EVUs y deben incorporarse en los índices para medirlos y para cuantificar la justicia ambiental y espacial de un territorio.

C. Métodos topológicos: ventajas y desafíos en la evaluación de la accesibilidad.

Las metodologías topológicas son una de las opciones más precisas para analizar la accesibilidad a los EVUs, ya que permiten modelar con detalle las conexiones y distancias dentro de una ciudad, proporcionando una representación más fiel de la accesibilidad real. Sin embargo, estos métodos requieren información precisa y habilidades especializadas en sistemas de información geográfica (SIG), lo que puede ser un desafío en ciudades con recursos limitados o en contextos donde los datos geospaciales no están disponibles.

Por ejemplo, en Medellín, un análisis topológico permitiría identificar con mayor exactitud las zonas marginales de la ciudad, donde la red vial es más compleja y las vías de acceso a los espacios verdes son limitadas. Además, este tipo de análisis tiene una mayor resolución espacial y podría ser más preciso a la hora de crear políticas públicas para mejorar la accesibilidad a los EVUs en la ciudad.

Esto pone de manifiesto que los métodos lineales para estimar la accesibilidad, como el de distancias euclidianas o como el de buffers utilizado en el caso de estudio, pueden resultar engañosos si no se consideran las características topográficas y topológicas de la ciudad. La accesibilidad real a los espacios verdes no siempre se refleja en estos índices de manera adecuada, especialmente en zonas donde la conectividad vial es deficiente.

D. Desigualdad en la disponibilidad de EVUs: el caso de Medellín

El índice de espacios verdes per cápita relacionado con las condiciones socioeconómicas de un territorio ofrece información valiosa sobre las desigualdades urbanas y la justicia

ambiental. Al ser una medida relativamente simple, puede ser ampliamente aplicada y comparada entre ciudades o países para evaluar diferencias en justicia ambiental y espacial.

En el caso de Medellín, a pesar de que la ciudad presenta un área de EVUs por persona que podría considerarse adecuada para la mayoría de la ciudad, la distribución es desigual, y no toda la población tiene acceso equitativo a los EVUs. El análisis de la distribución de los EVUs en relación con los estratos socioeconómicos mostró una clara brecha entre los sectores más ricos y los más pobres de la población. Las comunas de menor estrato carecen de suficientes espacios públicos de recreación, lo que subraya un desafío importante de justicia espacial y equidad social en la ciudad. Además, solo una comuna, El Poblado, tiene un índice óptimo de vegetación por persona según los estándares de la OMS. Esto indica que, aunque en general Medellín es una ciudad privilegiada en términos de EVUs si se compara con otras en el Sur Global, aún existen oportunidades de mejora, tanto en términos de espacios públicos como en términos de vegetación.

V. CONCLUSIONES

La falta de un consenso global sobre la definición de EVUs constituye un reto significativo tanto para la investigación como para la implementación de políticas públicas en las ciudades. La variabilidad en las definiciones de estos espacios influye directamente en los métodos utilizados para su evaluación, lo que puede dar lugar a resultados divergentes. Como se evidencia en el caso de Medellín, la clasificación de los espacios verdes según criterios como la vegetación o el uso público de los mismos tiene implicaciones decisivas sobre las conclusiones sobre su disponibilidad y accesibilidad. Esto subraya la necesidad urgente de establecer definiciones claras y precisas que se alineen con los objetivos específicos de cada estudio y con las necesidades de planificación urbana.

A pesar de los avances en la medición de los espacios verdes urbanos, persisten vacíos en los enfoques metodológicos que dificultan una evaluación integral y precisa. Los métodos empleados deben superar la simple cuantificación de áreas verdes y considerar dimensiones adicionales como la calidad, seguridad, percepción y la justicia espacial. Es fundamental que los índices de evaluación no solo capturen la disponibilidad de espacios, sino que también reflejen cómo factores socioeconómicos, de género y de raza afectan el acceso y la distribución de estos recursos en las ciudades. De esta forma, se podrá avanzar hacia un enfoque más equitativo e inclusivo, capaz de reconocer las disparidades que existen entre diferentes grupos sociales.

En particular, los métodos topológicos se presentan como una herramienta prometedora para analizar la accesibilidad real a los espacios verdes urbanos, ya que permiten modelar de manera más precisa las conexiones y distancias dentro de una ciudad. Sin embargo, la implementación de estos métodos requiere información detallada y capacidades técnicas avanzadas, lo que puede representar un desafío en contextos con recursos limitados. A pesar de esto, su mayor precisión en áreas urbanas complejas hace que sean fundamentales para mejorar las políticas públicas relacionadas con los espacios verdes y su accesibilidad.

Por último, el caso de Medellín pone de manifiesto la desigualdad en la distribución de los espacios verdes urbanos, evidenciando que, aunque la ciudad cuente con una cantidad

adecuada de espacio verde en términos generales, su distribución es desproporcionada entre los diferentes estratos socioeconómicos. Las comunas más desfavorecidas carecen de los recursos necesarios para satisfacer las necesidades recreativas de sus habitantes, lo que plantea serios desafíos en términos de justicia espacial y equidad social. Es necesario que las políticas públicas no solo busquen aumentar la cantidad de espacios verdes, sino también abordar estas disparidades para garantizar un acceso más equitativo y justo para toda la población.

En resumen, las definiciones y metodologías utilizadas para estudiar los espacios verdes urbanos deben ser más integradoras, adaptables y contextualizadas, considerando factores socioeconómicos, de género y de raza, así como las particularidades geográficas y topológicas de cada ciudad. Solo mediante un enfoque integral será posible desarrollar políticas urbanas que fomenten una distribución equitativa de los espacios verdes y que promuevan una mejora real en la calidad de vida de todos los habitantes, independientemente de su contexto social o económico.

REFERENCIAS

- [1] B. B. Hanberry, “Imposing consistent global definitions of urban populations with gridded population density models: Irreconcilable differences at the national scale,” *Landscape and Urban Planning*, vol. 226, p. 104493, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104493>.
- [2] W. Bank, “Urban Development,” <https://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/overview>, accedido en noviembre 10 2024.
- [3] J. Z. Farkas, E. Hoyk, M. Batista de Moraes, and G. Csomós, “A systematic review of urban green space research over the last 30 years: A bibliometric analysis,” *Heliyon*, vol. 9, no. 2, p. e13406, 02 2023, doi:10.1016/j.heliyon.2023.e13406.
- [4] M. Braubach, A. Egorov, P. Mudu, T. Wolf, C. Ward Thompson, and M. Martuzzi, “Effects of Urban Green Space on Environmental Health, Equity and Resilience,” in *Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas. Theory and Practice of Urban Sustainability Transitions*. Springer, Cham, 2017, p. 463–467, https://doi.org/10.1007/978-3-319-56091-5_11.
- [5] UNDP, “Forging a Global South,” <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/cn/UNDP-CH-PR-Publications-UNDay-for-South-South-Cooperation.pdf>, United Nations Development Programme, informe, diciembre 2004.
- [6] J. E. Patiño, “Analyzing long-term availability of urban green space by socioeconomic status in Medellín, Colombia, using open data and tools,” *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. XLII-3/W12-2020, no. 3/W12, pp. 539–544, 03 2020, doi:10.5194/isprs-archives-XLII-3-W12-2020-539-2020.
- [7] S. Shidore, “China Is Not the Global South,” <https://foreignpolicy.com/2024/10/10/china-is-not-the-global-south/>, accedido en noviembre 03 2024.

-
- [8] C. B. Muñoz-Pachecho and N. R. Villaseñor, “Urban Ecosystem Services in South America: A Systematic Review,” *Sustainability*, vol. 14, no. 17, p. 10751, 2022, doi:<https://doi.org/10.3390/su141710751>.
- [9] E. Nasri Roodsari and P. Hoseini, “An assessment of the correlation between urban green space supply and socio-economic disparities of Tehran districts—Iran,” *Environment, Development and Sustainability*, vol. 24, no. 11, p. 12867–12882, 2022, doi:10.1007/s10668-021-01970-4.
- [10] S. P. p. l. A. e. S. Secretaría Seccional de Salud y Protección Social de Antioquia, “Análisis de situación de salud,” <https://dssa.gov.co/images/asis/fichas/2022/Medellin.pdf>, accedido en noviembre 12 2024.
- [11] A. de Medellín, “Datos generales de la ciudad,” <https://www.medellin.gov.co/es/conoce-algunos-datos-generales-de-la-ciudad/>, accedido en noviembre 12 2024.
- [12] J. Duque, V. Royuela, and M. Noreña, “A stepwise procedure to determine a suitable scale for the spatial delineation of urban slums,” in *Defining the spatial scale in modern regional analysis. Advances in Spatial Science*, E. Fernandez and F. Rubiera Morollón, Eds. Springer Nature, 2013, pp. 237–254, <http://hdl.handle.net/10784/28104>.
- [13] N. Cuvi and L. C. Gómez-Vélez, “Los Parques Urbanos de Quito: Distribución, Accesibilidad y Segregación Espacial,” *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, vol. 10, no. 2, pp. 200–231, 08 2021, doi:10.21664/2238-8869.2021v10i2.p200-231.
- [14] I. C. F. Harder, R. de Cássia Salvador Ribeiro, and A. R. Tavares, “Índices de área verde e cobertura vegetal para as praças do Município de Vinhedo, SP.” *Revista Árvore*, vol. 30, no. 2, pp. 277–282, 2006, <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000200015>.
- [15] H. Pretzsch, P. Biber, E. Uhl, J. Dahlhausen, T. Rötzer, J. Caldentey, T. Koike, T. van Con, A. Chavanne, T. Seifert, B. du Toit, C. Farnden, and S. Pauleit, “Crown size and growing space requirement of common tree species in urban centres, parks, and

- forests,” *Urban Forestry and Urban Greening*, vol. 14, no. 3, pp. 466–479, 2015, <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.04.006>.
- [16] M. W. Khan, M. S. Hossain, and M. Alam, “GIS-Based Analysis to Identify the Distribution and Accessibility of Urban Green Space in Dhaka Metropolitan City, Bangladesh,” *Journal of Geographic Information System*, vol. 15, no. 1, pp. 35–52, 2023, doi:10.4236/jgis.2023.151003.
- [17] A. S. Günaydin and M. Yücekaya, “The Evaluation of the Perceptibility and Accessibility: The Case of Gaziantep,” *Iconarp International J. of Architecture and Planning*, vol. 8, no. 2, 2020, doi:10.15320/iconarp.2020.123.
- [18] H. O. Tannous, M. D. Major, and R. Furlan, “Accessibility of green spaces in a metropolitan network using space syntax to objectively evaluate the spatial locations of parks and promenades in Doha, State of Qatar,” *Urban Forestry & Urban Greening*, vol. 58, p. 126892, 03 2021, doi:<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126892>.
- [19] D. A. Puplampu and Y. A. Boafo, “Exploring the impacts of urban expansion on green spaces availability and delivery of ecosystem services in the Accra metropolis,” *Environmental Challenges*, vol. 5, p. 100283, 12 2021, doi:10.1016/j.envc.2021.100283.
- [20] M. Farfán-Gutiérrez, A. Boni-Nóñez, A. Flamenco-Sandoval, A. Martínez-Serrano, A. Flores-Torres, A. K. Godínez-Ramírez, and C. Alcántara, “Availability and accessibility of urban green spaces: the case of the urban zone of Queretaro Metropolitan Area, Mexico,” *Journal of Maps*, vol. 17, no. 1, pp. 101–105, 01 2021, doi:10.1080/17445647.2021.1927867.
- [21] J. Bush and D. Hes, “Eco-City: Policies, Multifunctionality and Narrative,” in *Enabling Eco-Cities. Defining, Planning, and Creating a Thriving Future*. Springer, SC, 2018, pp. 43–63, https://doi.org/10.1007/978-981-10-7320-5_4.
- [22] Y. H. Hwang, I. K. Nasution, D. Amonkar, and A. Haahs, “Urban Green Space Distribution Related to Land Values in Fast-Growing Megacities, Mumbai and Jakarta-

- Unexploited Opportunities to Increase Access to Greenery for the Poor,” *Sustainability (Switzerland)*, vol. 12, p. 4982, 2020, doi:10.3390/su12124982.
- [23] C. Huang, J. Yang, N. Clinton, L. Yu, H. Huang, and I. Dronova, “Mapping the maximum extents of urban green spaces in 1039 cities using dense satellite images,” *Environmental Research Letters*, vol. 16, no. 6, p. 064072, 06 2021, doi:10.1088/1748-9326/ac03dc.
- [24] G. Sandal-Erzurumlu, “Evaluation of the sufficiency of urban green spaces: Nigde city example,” *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, vol. 58, no. 2, pp. 181–191, 2021, doi:10.20289/zfdergi.740080.
- [25] K. Ghasemi, M. Behzadfar, K. Borhani, and Z. Nouri, “Geographic information system based combined compromise solution (CoCoSo) method for exploring the spatial justice of accessing urban green spaces, a comparative study of district 22 of Tehran,” *Ecological Indicators*, vol. 144, p. 109455, 11 2022, doi:10.1016/j.ecolind.2022.109455.
- [26] A. A. Mohamed, J. Kronenberg, and E. Laszkiewicz, “Transport infrastructure modifications and accessibility to public parks in Greater Cairo,” *Urban Forestry & Urban Greening*, vol. 73, p. 127599, 07 2022, doi:10.1016/j.ufug.2022.127599.
- [27] R. Sharma, L. Pradhan, M. Kumari, and P. Bhattacharya, “Urban Green Space Planning and Development in Urban Cities Using Geospatial Technology: A Case Study of Noida,” *Journal of Landscape Ecology*, vol. 15, no. 1, pp. 27–46, 05 2022, doi:10.2478/jlecol-2022-0002.
- [28] M. Ramezani Mehrian, A. Manouchehri Miandoab, A. Abedini, and F. Aram, “The Impact of Inefficient Urban Growth on Spatial Inequality of Urban Green Resources (Case Study: Urmia City),” *Resources*, vol. 11, no. 7, p. 62, 07 2022, doi:10.3390/resources11070062.
- [29] M. O. Abdulraheem, I. O. Oloyede, G. Amuda-Yusuf, W. M. Raheem, A. K. Alade, and M. T. Chukwu, “Urban Green Space Accessibility in Ilorin City, Nigeria,”

-
- International Journal of Real Estate Studies*, vol. 16, no. 1, pp. 24–36, 06 2022, doi:10.11113/intrest.v16n1.108.
- [30] G. S. Atanur, M. E. Mirici, N. D. Erzös, and K. Han, “A Preliminary Assessment on the Accessibility of Urban Green Spaces: The Case of Bursa, Yildirim,” *GSI Journals Serie A: Advancements in Tourism Recreation and Sports Sciences*, vol. 5, no. 1, pp. 85–93, 02 2022, doi:10.53353/atrss.1038032.
- [31] O. Soydan and N. Cetin, “Investigation of The Sufficiency of Antalya Parks,” *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, vol. 9, pp. 2449–2457, 01 2022, doi:10.24925/turjaf.v9isp.2449-2457.4847.
- [32] M. M. Anwar, M. Hashim, A. Aziz, A. Stocco, H. G. Abdo, H. Almohamad, A. A. Al Dughairi, and M. Al-Mutiry, “Urban Green Spaces Distribution and Disparities in Congested Populated Areas: A Geographical Assessment from Pakistan,” *Sustainability (Switzerland)*, vol. 15, no. 10, p. 8059, 2023, doi:10.3390/su15108059.
- [33] S. A. Waheeb, B. Zerouali, A. Elbetagi, M. Alwetaishi, Y. J. Wong, N. Bailek, A. A. Al-Saggaf, S. I. M. Abd Elrahman, C. A. Guimarães Santos, and A. A. Majrashi, “Enhancing Sustainable Urban Planning through GIS and Multiple-Criteria Decision Analysis: A Case Study of Green Space Infrastructure in Taif Province, Saudi Arabia,” *Water (Switzerland)*, vol. 15, no. 17, p. 3031, 2023, doi:10.3390/w15173031.
- [34] C. Ayala-Azcarraga, D. Diaz, T. Fernandez, F. Cordova-Tapia, and L. Zambrano, “Uneven Distribution of Urban Green Spaces in Relation to Marginalization in Mexico City,” *Sustainability (Switzerland)*, vol. 15, no. 16, p. 12652, 2023, doi:10.3390/su151612652.
- [35] A. Rehman, A. Aziz, M. M. Anwar, J. A. A. Muhammad Majeed, H. Almohamad, and H. G. Abdo, “Quantifying the impacts of urbanization on urban green, evidences from Maga City, Lahore Pakistan,” *Discover Sustainability*, vol. 4, no. 1, p. 48, 2023, doi:10.1007/s43621-023-00169-z.

-
- [36] S. Kemec and S. H. Abdalkarim, “Accessibility Analysis of Urban Green Space: The Case of Erbil City,” *Iconarp International J. of Architecture and Planning*, vol. 11, no. 1, pp. 24–44, 2023, doi:10.15320/iconarp.2023.231.
- [37] N. D. Yildiz, “Analysis of Urban Green Area Accessibility and Quality for Ecosystem Services as a Spatial Decision Support: In the City of Erzurum (Turkey),” *Polish Journal of Environmental Studies*, vol. 33, no. 1, pp. 915–926, 01 2024, doi:10.15244/pjoes/172723.
- [38] S. Pattanakiat, S. Vongvassana, T. Phutthai, P. Nakmuenwai, T. Chiyanon, V. Ratanadilok Na Bhuket, T. Sattraburut, P. Chinsawadphan, and K. Khincharung, “Spatial Green Space Assessment in Suburbia: Implications for Urban Development,” *Environment and Natural Resources Journal*, vol. 22, no. 1, pp. 1–17, 01 2024, doi:10.32526/enrj/22/20230153.
- [39] Y. Sun, S. Saha, H. Tost, X. Kong, and C. Xu, “Literature Review Reveals a Global Access Inequity to Urban Green Spaces,” *Sustainability (Switzerland)*, vol. 14, no. 3, p. 1062, 2022, doi:10.3390/su14031062.
- [40] K. Dudzic-Gyurkovich, D. Poklewski-Koziell, and C. Marmolejo-Duarte, “Accessibility of Urban Green Spaces in the City: Review of Selected Methodologies for Measuring Accessibility Indices,” *Teka Komisji Urbanistyki i Architektury Oddziału Polskiej Akademii Nauk w Krakowie*, pp. 67–86, 2023, doi:10.24425/tkuia.2022.144844.
- [41] A. K. Amegah, K. Yeboah, V. Owusu, L. Afriyie, E. Kyere-Gyeabour, D. C. Appiah, P. Osei-Kufuor, S. A. Annim, S. Agyei-Mensah, and P. Mudu, “Socio-demographic and neighbourhood factors influencing urban green space use and development at home: A population-based survey in Accra, Ghana,” *PLoS ONE*, vol. 18, no. 6, p. e0286332, 6 2023, doi:10.1371/journal.pone.0286332.
- [42] A. Addas, “Exploring the pattern of use and accessibility of urban green spaces: evidence from a coastal desert megacity in Saudi Arabia,” *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 29, no. 37, p. 55757–55774, 2022, doi:110.1007/s11356-022-19639-4.

- [43] A. Russo and G. T. Cirella, “Modern Compact Cities: How Much Greenery Do We Need?” *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 15, no. 10, p. 2180, 10 2018, doi:10.3390/ijerph15102180.