

PARQUES URBANOS RESILIENTES: ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO DE LOS CRITERIOS
DE CLASIFICACIÓN SEGÚN SU APOORTE A LA CAPACIDAD DE RESPUESTA DE LAS
CIUDADES ANTE EVENTOS EXTREMOS.

Neider Felipe Quiroga Hernández

Karen Tatiana Velandia Rodríguez

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingenieros Civiles
Modalidad investigación

Director

José Miguel Benjumea Royero

PhD. en Ingeniería Civil y Ambiental

Codirectores

Tatiana Constanza Guarín Corredor

PhD. en Ingeniería Civil y Ambiental

Yerly Fabián Martínez Estupiñán

PhD. en Ingeniería de Transporte y Logística

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2026

Dedicatoria

*A **mi mamá**, por cuidar de mí con un amor infinito, por velar siempre por mi bienestar y por creer en mí incondicionalmente, gracias por ser una de las mujeres más valientes y admirables que conozco. Todo lo que soy y todo lo que he logrado existe porque siempre has estado ahí. A **mi hermano**, por ser un ejemplo constante de lucha y perseverancia; por preocuparte por mi bienestar, por estar presente en cada etapa de mi vida y por acompañarme como un segundo papá. Sé que tu forma de estar, de cuidar y de asumir responsabilidades ha sido clave para que yo pueda seguir avanzando hacia mis sueños. A **mi hermana**, a quien admiro por todo lo que ha logrado, tu constancia y tus éxitos han sido para mí una fuente constante de inspiración, ver todo lo que has construido me recuerda que es posible seguir creyendo en mí misma, impulsándome a superarme cada día. A **mi papá**, quien, aunque ya no se encuentra físicamente conmigo, vive presente en cada paso que doy, por tu amor incondicional, tus enseñanzas y el cariño que siempre me brindaste, estoy segura de que partiste orgulloso de mí, y confío en que, desde donde te encuentres, me acompañas y celebras este logro junto a mí, al igual que ese ser tan especial que marcó mi vida y dejó una huella eterna en mi corazón (**mi perrita**). A **mi sobrina**, Antonella, quien llegó para llenar nuestras vidas de amor y sonrisas, aunque hoy aún seas pequeñita, deseo que, cuando crezcas, te sientas orgullosa de la familia tan hermosa que tienes y del amor que siempre te rodeará. Familia, gracias por esforzarse cada día para brindarme la oportunidad de cumplir mis sueños. Finalmente, a **Neider**, por caminar a mi lado en este reto, gracias por confiar en mí, por tu apoyo constante y por acompañarme durante todo este proceso. ¡¡Lo logramos!! Aquello que parecía lejano hoy está cada vez más cerca, sé que estás hecho para grandes cosas; deseo que este sea solo el inicio de muchos éxitos compartidos.*

Karen Tatiana Velandia Rodríguez

A mis padres, que son el pilar fundamental de mi vida y han sido mi apoyo constante durante todo mi trayecto académico, todo el esfuerzo que ellos han hecho por mí, se ve reflejado en la culminación de esta etapa de mi vida. La forma de agradecerles todo lo que han hecho por mí es dedicándoles este logro tan importante.

A mi abuela Aracely (Q.E.P.D) y mi abuelo Gustavo (Q.E.P.D), que, aunque ya no me acompañan en este plano terrenal, gracias a sus consejos y sus enseñanzas, he logrado ser la persona que soy hoy en día, y sé que desde donde estén, me van a seguir guiando y no me dejarán solo.

A cada uno de los docentes que, desde su conocimiento, experiencia y vocación, me brindaron las bases académicas y humanas necesarias para formarme como profesional.

A todos mis amigos que me dejó la carrera, próximos colegas de profesión, que hicieron más amena la estadía en el campus universitario y aportaron su granito de arena en este proceso.

Por último, a Karen, por confiar plenamente en mí durante este proceso para realizar este trabajo juntos, por fin podemos decir que culminamos esta etapa, y de la mejor manera, te deseo lo mejor en tu vida profesional, tú puedes lograr todo lo que te propongas; espero compartir más logros juntos.

Neider Felipe Quiroga Hernández

Agradecimientos

A la **Universidad Industrial de Santander**, por brindarnos las herramientas necesarias para un desarrollo profesional y por ofrecernos una formación académica integral, caracterizada siempre por la excelencia y la calidad educativa.

A la **Escuela de Ingeniería civil**, por ser el espacio académico en el que se consolidaron nuestras competencias técnicas, pensamiento crítico y el sentido de responsabilidad profesional como ingenieros.

A los **profesores José Benjumea, Tatiana Guarín y Yerly Martínez**, por su orientación constante, disposición y compromiso a lo largo de este proceso. Les agradecemos profundamente por compartir sus conocimientos y por el acompañamiento brindado, además de la motivación permanente para siempre dar lo mejor, aspectos que contribuyeron de manera significativa a nuestra formación académica, profesional y personal.

Tabla de contenido

Introducción	13
2. Objetivos.....	17
2.1 Objetivo general	17
2.2 Objetivos específicos.....	17
3. Metodología.....	18
3.1 Etapa 1: Estrategias de búsqueda y selección de literatura científica	18
3.2 Etapa 2: Análisis bibliométrico	22
3.3 Etapa 3: Identificación de criterios técnicos y ambientales	22
3.4 Etapa 4: Revisión de matrices, escalas de resiliencia y metodologías de categorización	
23	
4. Resultados.....	24
4.1 Tendencias detectadas a partir de la bibliometría	24
4.2 Criterios técnicos y ambientales.....	29
4.2.1 Criterios técnicos	30
4.2.2 Criterios ambientales	40
4.3 Metodologías de evaluación.....	51
5. Conclusiones.....	63
6. Referencias Bibliográficas.....	65
7. Apéndices	72

Lista de tablas

Tabla 1. Publicación en journals.....	25
Tabla 2. Criterios técnicos relacionados con BGI.....	31
Tabla 3. Criterios técnicos identificados para la evaluación de infraestructura verde urbana (UGI) en contextos de resiliencia.	33
Tabla 4. Criterios técnicos para evaluar la contribución de los parques urbanos a la resiliencia.	34
Tabla 5. Pilares del espacio público resiliente.	40
Tabla 6. Criterios ambientales aportados por la infraestructura verde.	41
Tabla 7. Criterios ambientales aportados por BGI.....	43
Tabla 8. Criterios e indicadores ambientales para la evaluación de espacios verdes urbanos.....	44
Tabla 9. Criterios ambientales, indicadores y sensores utilizados para evaluar los servicios ecosistémicos en árboles urbanos.	46
Tabla 10. Criterios ambientales basados en servicios ecosistémicos para la evaluación de espacios verdes urbanos.....	47
Tabla 11. Criterios ambientales para evaluar la contribución de los parques urbanos a la resiliencia ante eventos extremos.....	48
Tabla 12. Criterios e indicadores para la evaluación ambiental del paisaje.	49
Tabla 13. Criterios e indicadores ambientales para la autosuficiencia, diversidad y resiliencia de los sistemas.	50
Tabla 14. Variables para evaluar los espacios verdes urbanos.	52
Tabla 15. Rango y valoración de cada índice espectral.	54
Tabla 16. Dimensión ambiental para la evaluación de la recuperación de un sistema urbano....	56
Tabla 17. Recomendaciones para la incorporación de la infraestructura verde.....	57
Tabla 18. Marco para la evaluación de servicios y diservicios.....	60
Tabla 19. Marco para evaluar el efecto de enfriamiento de los parques.....	62

Lista de figuras

Figura 1. Parque urbano dentro del tejido urbano como infraestructura verde.	14
Figura 2. Esquema metodológico de la investigación.	18
Figura 3. Crecimiento anual de la investigación.....	24
Figura 4. Mapa de coocurrencia de las palabras clave.	26
Figura 5. Mapa de coautoría de los países.	27
Figura 6. Mapa de coautoría de los autores.	28
Figura 7. Mapa de coautoría de las organizaciones.	29
Figura 8. Aspectos de la multifuncionalidad para espacios públicos abiertos resilientes ante desastres.	36
Figura 9. Aspecto de eficiencia para espacios públicos abiertos resilientes ante desastres.....	37
Figura 10. Aspectos de seguridad para espacios públicos abiertos resilientes ante desastres.	38
Figura 11. Aspectos de accesibilidad de espacios públicos abiertos resilientes ante desastres...	39
Figura 12. Categorización de niveles de resiliencia.	53
Figura 13. Puntos de monitoreo.....	55
Figura 14. Indicadores de Sostenibilidad Ecológica.....	58
Figura 15. Espacios verdes en el bosque urbano de Atatürk.	59

Lista de Apéndices

Apéndice A. Cadenas de búsqueda. 72

Resumen

Título: Parques Urbanos Resilientes: análisis bibliográfico de los criterios de clasificación según su aporte a la capacidad de respuesta de las ciudades ante eventos extremos*

Autor: Neider Felipe Quiroga Hernández, Karen Tatiana Velandia Rodríguez**

Palabras clave: Resiliencia urbana, mitigación de desastres, infraestructura verde, servicios ecosistémicos.

Descripción: En un contexto de cambio climático y de urbanización acelerada, los parques urbanos emergen como infraestructuras verdes estratégicas para fortalecer la resiliencia de las ciudades frente a eventos extremos. Por lo tanto, este trabajo establece un marco referencial que contiene criterios técnicos y ambientales, junto con sus indicadores, para evaluar la contribución de los parques urbanos a la resiliencia de las ciudades frente a eventos extremos. La metodología fue estructurada en cuatro fases: búsqueda sistemática en Scopus, análisis bibliométrico, identificación de criterios y revisión de metodologías de evaluación, se analizaron 55 artículos de revistas científicas indexadas en Scopus. Los resultados se organizan en tres ejes centrales: análisis de tendencias bibliométricas, los criterios técnicos priorizados, y las metodologías de evaluación del aporte de resiliencia de los parques. Los hallazgos identifican criterios técnicos como la multifuncionalidad, la eficiencia hidrológica y de diseño, la seguridad operativa y la accesibilidad, así como los ambientales (mitigación de islas de calor, gestión hídrica, calidad del aire, secuestro de carbono y biodiversidad), todos ellos clave para la resiliencia de los parques urbanos. Las herramientas metodológicas permiten traducir estos criterios en métricas cuantificables y aplicables. Entre estas, se destacan los indicadores de naturalidad y funcionamiento ecológico, el análisis espectral (NDVI, LWCI, NDBI), y los sistemas de inferencia difusa (FIS) para la priorización espacial y los marcos operativos de multifuncionalidad, eficiencia, seguridad y accesibilidad. Se concluye que la resiliencia de un parque urbano emerge de la integración intencional y sinérgica de sus dimensiones técnicas y ambientales, diseñadas para operar de manera robusta bajo condiciones de estrés. El marco resultante ofrece indicadores prácticos para planificar, evaluar y gestionar la infraestructura verde, orientando decisiones hacia ciudades más adaptativas y resilientes.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: José Miguel Benjumea Royero. PhD. en Ingeniería Civil y Ambiental. Codirector: Tatiana Constanza Guarín Corredor. PhD. en Ingeniería Civil y Ambiental. Codirector: Yerly Fabián Martínez Estupiñán. PhD. en Ingeniería de Transporte y Logística.

Abstract

Title: Resilient Urban Parks: bibliographic analysis of the classification criteria according to their contribution to the response capacity of cities to extreme events*

Authors: Neider Felipe Quiroga Hernández, Karen Tatiana Velandia Rodríguez**

Keywords: Urban resilience, disaster mitigation, green infrastructure, ecosystem services.

Description: In the context of climate change and accelerated urbanization, urban parks emerge as strategic green infrastructure to enhance cities' resilience to extreme events. This study establishes a reference framework containing technical and environmental criteria and their indicators to assess the contribution of urban parks to urban resilience against extreme events. Using a structured four-phase methodology: systematic search in Scopus, bibliometric analysis, identification of criteria, and review of evaluation methodologies, 55 articles from scientific journals indexed in Scopus were analyzed. The results are organized into three central axes: analysis of bibliometric trends, prioritized technical criteria, and methodological tools for assessing the resilience contribution of parks. The findings identify key technical criteria (multifunctionality, hydrological and design efficiency, operational safety, and accessibility) and environmental criteria (heat island mitigation, water management, air quality improvement, carbon sequestration, and biodiversity) all essential for the climate resilience of urban parks. Methodological tools such as naturalness and ecological functioning indicators, spectral analysis (NDVI, LWCI, NDBI), fuzzy inference systems (FIS) for spatial prioritization, and operational frameworks of multifunctionality, efficiency, safety, and accessibility enable the translation of these criteria into quantifiable and applicable metrics. It is concluded that the resilience of an urban park arises from the intentional and synergistic integration of its technical and environmental dimensions, designed to operate robustly under stress conditions. The resulting framework provides practical indicators for planning, evaluating, and managing green infrastructure, guiding decisions toward more adaptive and resilient cities.

* Degree Work

** Faculty of Physical-Mechanical. Civil Engineering Department. Director: José Miguel Benjumea Royero. PhD. in Civil and Environmental Engineering. Codirector: Tatiana Constanza Guarín Corredor. PhD. in Civil and Environmental Engineering. Codirector: Yerly Fabián Martínez Estupiñán. PhD. in Transport and Logistics Engineering.

Reconocimiento de uso de inteligencia artificial

En el desarrollo del presente trabajo de investigación se utilizaron herramientas de inteligencia artificial como apoyo metodológico y de redacción. En particular, se empleó la herramienta DeepSeek (DeepSeek AI, s. f.) durante la etapa de revisión bibliográfica, para apoyar el proceso de filtrado y selección de documentos relevantes para la investigación, facilitando la identificación de documentos pertinentes y alineados con los objetivos del estudio. Además, QuillBot (QuillBot Inc., s. f.) se empleó como una herramienta de apoyo para mejorar la redacción, contribuyendo a la claridad, coherencia y corrección gramatical del texto, sin alterar el contenido técnico ni el aporte intelectual propio de los autores. Asimismo, se utilizó Meta AI (Meta Platforms, Inc., s. f.) como apoyo en la generación de imágenes alusivas a los contenidos abordados, las cuales fueron empleadas con fines estrictamente ilustrativos y de refuerzo visual dentro del documento

El uso de estas herramientas se realizó de manera responsable y ética, manteniendo en todo momento la autoría, el análisis crítico y la toma de decisiones académicas a cargo de los investigadores.

Introducción

El siglo XXI se caracteriza por una urbanización acelerada y una triple crisis ambiental: cambio climático, pérdida de biodiversidad y contaminación (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2023). Actualmente, más de la mitad de la población mundial vive en ciudades, una cifra que se prevé alcance el 68% para 2050 (Gómez-Villarino et al., 2021). Este crecimiento, impulsado por el incremento poblacional y la migración (Gómez-Villarino et al., 2021), presiona a las ciudades a expandirse o densificarse, a menudo a expensas de los sistemas naturales (Kimic & Fekete, 2022). Este proceso, unido al cambio climático antropogénico —manifestado en el aumento de temperaturas globales, cambios en los patrones de precipitación y el incremento de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)—, ha intensificado desafíos como el efecto de isla de calor urbana (UHI, “*Urban heat island*”) y, las olas de calor, y las inundaciones y el deterioro de la calidad del aire (Gabor et al., 2023; Gebreyesus et al., 2025; Karami & Mousavi, 2025; Turner et al., 2025). Las ciudades son a la vez causantes y víctimas de esta dinámica: generan la mayoría de las emisiones globales de GEI (Gebreyesus et al., 2025) y concentran a la población y la actividad económica, lo que las hace especialmente vulnerables a estos fenómenos (Xia et al., 2025).

En Colombia, esta problemática global adquiere una urgencia particular. Según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2023), el país es altamente vulnerable a los efectos del cambio climático. Las zonas urbanas son responsables de casi la mitad de las emisiones nacionales de GEI, albergan a la mayoría de la población y producen la mayor parte del producto interno bruto. Frente a este panorama, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible ha planteado un cambio de paradigma mediante el programa Ciudades Biodiversas y Resilientes (CBR), que promueve la integración de la biodiversidad y de las soluciones basadas en la

naturaleza (NbS, “*Nature-based solutions*”) en la planificación urbana (Gebreyesus et al., 2025). En este marco, los parques urbanos son reconocidos explícitamente como infraestructuras verdes estratégicas para funciones como la reducción de islas de calor, la gestión sostenible del agua y la provisión de bienestar (Gallay et al., 2023; Sethi et al., 2025). De esta forma, la implementación de infraestructura verde (Fig. 1) en el diseño y la planificación de ciudades proporciona una oportunidad para cumplir con los objetivos de sostenibilidad ambiental, y mejorar la capacidad general de los ecosistemas urbanos para adaptarse al cambio climático (Sethi et al., 2025).

Figura 1. *Parque urbano dentro del tejido urbano como infraestructura verde.*



Nota. Imagen desarrollada en Meta AI (Meta Platforms, Inc. ,s. f.).

Frente a las perturbaciones climáticas, el concepto de resiliencia urbana ha cobrado una importancia crítica. Mientras la sostenibilidad busca un equilibrio óptimo, la resiliencia urbana se centra en la capacidad de los sistemas urbanos para prepararse, absorber, adaptarse y recuperarse ante eventos súbitos (shocks) y estrés (Choi & Seo, 2019; Pokhrel, 2019). En este contexto, los

parques urbanos dejan de ser meros espacios de ocio para convertirse en infraestructuras críticas de resiliencia (Hanna et al., 2023). Su valor reside en los múltiples servicios ecosistémicos que pueden proveer: desde la regulación del microclima a través del enfriamiento por evapotranspiración y sombra (Salgado et al., 2025; Xia et al., 2025) hasta la captura de carbono (Gebreyesus et al., 2025), la mitigación de inundaciones (Sethi et al., 2025), la mejora de la calidad del aire y el apoyo a la biodiversidad (Y. Li et al., 2024; Sethi et al., 2025).

A pesar del consenso sobre sus beneficios y de su reconocimiento en políticas como el Programa CBR de MinAmbiente, persiste una brecha crítica entre la teoría y la práctica. A menudo, los elementos naturales siguen estando subordinados a las prioridades de funcionalidad y economía urbana inmediatas (Kimic & Fekete, 2022). Esta contradicción se refleja en la carencia de herramientas e indicadores estandarizados que permitan a los planificadores evaluar y priorizar las intervenciones en parques según su aporte concreto a la resiliencia. Si bien existe una vasta literatura que analiza aspectos específicos de los espacios verdes, resulta necesario sintetizar este conocimiento en un marco metodológico de indicadores aplicables. Así, con este trabajo de grado se busca responder, mediante una revisión bibliográfica, las siguientes preguntas de investigación: ¿Cuáles son los criterios técnicos y ambientales reportados en la literatura que permiten evaluar la resiliencia de los parques urbanos y cómo pueden organizarse en un marco de análisis que fortalezca su planificación y gestión?

La respuesta a estas preguntas es fundamental para operacionalizar la visión de ciudades más resilientes y biodiversas. El estudio se justifica por la necesidad de consolidar los criterios propuestos en la literatura científica y de generar un marco de referencia que facilite la evaluación y la gestión de los parques urbanos como nodos estratégicos de resiliencia en las ciudades de Colombia. Con ello, se busca aportar herramientas conceptuales que apoyen la construcción de

ciudades más adaptativas y sostenibles ante los desafíos del crecimiento urbano y del cambio climático.

A continuación, en la sección 3 se detalla la Metodología, que fue organizada en cuatro etapas: búsqueda y selección de literatura, análisis bibliométrico, identificación de criterios técnicos y ambientales, y revisión de metodologías de evaluación. En la sección 4 se exponen los Resultados, que incluyen el análisis bibliométrico, la sistematización de criterios técnicos y ambientales, y la revisión de metodologías de evaluación aplicables a parques urbanos resilientes. En la sección 5 se presentan las Conclusiones, donde se integran los hallazgos con los objetivos planteados.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Establecer, a partir de la revisión de la literatura, un marco de referencia de los indicadores de evaluación del aporte de resiliencia de los parques urbanos a las ciudades frente a eventos extremos.

2.2 Objetivos específicos

Analizar, mediante indicadores bibliométricos, las tendencias de investigación relacionadas con los criterios técnicos y ambientales empleados en la evaluación del aporte de los parques urbanos a la resiliencia de las ciudades.

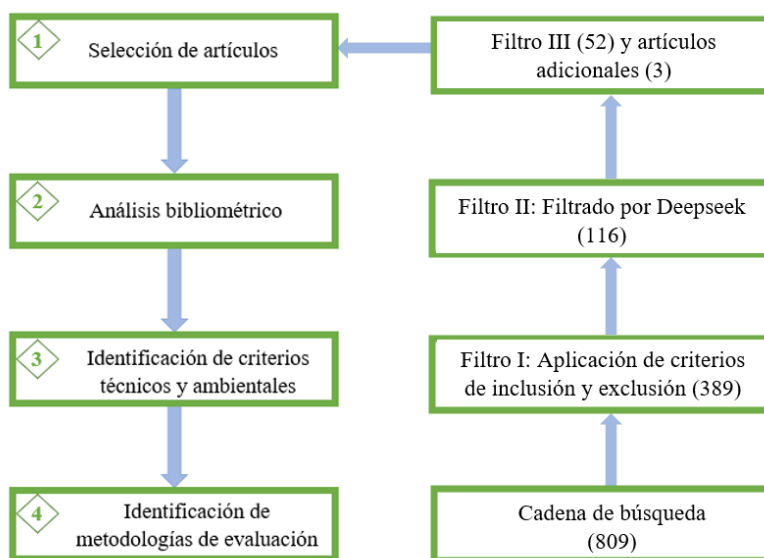
Identificar los criterios técnicos y ambientales que sustentan el papel de los parques urbanos en la capacidad de respuesta de las ciudades ante eventos extremos.

Sintetizar los marcos conceptuales e indicadores de evaluación de resiliencia existentes en la literatura que son utilizados en la determinación de la contribución de los parques urbanos a la resiliencia urbana.

3. Metodología

El desarrollo de la revisión bibliográfica se estructuró en cuatro etapas secuenciales (Fig. 2), que permitieron abordar de manera sistemática y rigurosa la selección y análisis de la literatura científica sobre el papel de los parques urbanos en la resiliencia de las ciudades frente a eventos extremos. A continuación, se detallan las actividades de cada etapa.

Figura 2. Esquema metodológico de la investigación.



3.1 Etapa 1: Estrategias de búsqueda y selección de literatura científica

En esta fase se diseñó y aplicó una estrategia de búsqueda sistemática en la base de datos Scopus (Elsevier, s.f.). Con el apoyo de Scopus IA, se construyó una cadena de búsqueda mediante operadores booleanos para combinar términos clave y sinónimos relacionados con la resiliencia urbana, las ciudades, los parques urbanos y los eventos extremos (Apéndice A). Luego de varias iteraciones, la cadena de búsqueda elegida fue:

TITLE-ABS-KEY(("city park" OR "metropolitan park" OR "municipal park" OR "public space*" OR "public open space*" OR "urban park*" OR "urban green space*" OR "urban

forest*" OR "public park*" OR "disaster prevention park*" OR "landscape architecture") AND ("urban resilience" OR "resilient cit*" OR "climate resilience" OR "seismic resilience" OR "environmental resilience" OR "resilience of cit*" OR "sustainability" OR "urban sustainability" OR "adaptive capacity" OR "urban adapta*" OR "urban robustness") AND ("environmental criteria" OR "technical criteria" OR "environmental factor*" OR "ecological" OR "natural elements" OR "green infrastructure" OR "vegetation" OR "biodiversity" OR "drainage" OR "soil permeability" OR "habitat" OR "ecosystem*" OR "extreme event*" OR "natural disaster*" OR "hazard*" OR "climate change" OR "environmental stressor*") AND ("physical characteristics" OR "size" OR "location" OR "urban morphology" OR "spatial configuration" OR "features" OR "attributes" OR "accessibility" OR "redundancy" OR "multifunctionality" OR "distribution" OR "functional amenities" OR "urban transportation" OR "sanitation" OR "inclusivity" OR "barrier-free" OR "universal design" OR "urban equipment" OR "park facilities" OR "public amenities" OR "infrastructure") AND ("evaluation" OR "assessment" OR "analysis" OR "measurement" OR "methodology" OR "framework" OR "indicator*" OR "classification"))).

Se establecieron criterios de inclusión y exclusión, restringiendo el tipo de documento (artículos de revista y de conferencias), el período de publicación (2015-2025) y el idioma de la publicación (inglés y español), con el fin de garantizar la pertinencia y calidad de los estudios seleccionados. Los trabajos obtenidos luego de aplicar dichos criterios (389) fueron clasificados manualmente a partir de su título y resumen, evaluando su pertinencia y relación con los objetivos de investigación. Este proceso (Filtro II en Fig. 2) se optimizó con la herramienta DeepSeek. Para ello, primero se seleccionaron aleatoriamente 65 de los 389 trabajos y se generó un archivo en formato .csv que contenía únicamente el título y el abstract. Al observar que los resultados obtenidos coincidían en gran medida (82%) con la clasificación manual, se optó por aplicar

DeepSeek al resto de los artículos de manera sistemática (Anexo 1). Para esto, se descargaron los documentos provenientes de Scopus en formato Excel, incluyendo el título, resumen (abstract) y el enlace correspondiente a cada publicación. La descarga se realizó en grupos de 100 documentos para, evitar la saturación de información al momento de exportar los datos a la herramienta de IA y garantizar que cada uno de los documentos fuera analizado de manera individual y completa. Luego, se establecieron en DeepSeek tres criterios de clasificación para la evaluación de la pertinencia:

- Incluir: documentos fuertemente alineados con los objetivos específicos 2 y 3, particularmente aquellos que abordan el uso de indicadores de evaluación, parques urbanos y resiliencia frente a eventos extremos.
- Revisión posterior: documentos que pueden contener elementos relevantes, como los beneficios de los parques urbanos frente a condiciones de estrés climático o metodologías generales de evaluación, pero que no abordan de manera explícita indicadores ni marcos de evaluación de la resiliencia. Estos documentos requirieron la lectura completa del texto para confirmar su pertinencia (Filtro II en Fig. 2).
- Descartar: documentos que no abordan el nexo entre parques urbanos y resiliencia frente a eventos extremos; o que de enfoque resulta tangencial, como aquellos centrados únicamente en beneficios generales, aspectos de diseño sin evaluación, o percepciones sociales sin una vinculación directa con la resiliencia.

Este mismo procedimiento se aplicó de manera sistemática a cada uno de los grupos de documentos, utilizando los mismos tres criterios de clasificación, hasta completar la evaluación del total de 389 documentos semilla.

Posteriormente, los documentos fueron revisados nuevamente para descartar aquellos considerados irrelevantes, es decir, que no abordaban de manera explícita la relación entre parques urbanos y resiliencia frente a eventos extremos, o que no incluían criterios técnicos o ambientales evaluables e incluir los pertinentes, aquellos que sí aportaban indicadores, metodologías de evaluación o marcos conceptuales directamente vinculados con los objetivos específicos del estudio, mientras que los artículos que requerían una evaluación adicional se agruparon en la categoría *Revisión Posterior*, siendo leídos manualmente para determinar su inclusión o exclusión definitiva.

Antes de finalizar el Filtro II se realizó una revisión adicional, en la que se analizó – sin apoyo de IA- el abstract, los resultados y conclusiones de cada artículo categorizados como *Revisión Posterior*, con el objetivo de excluir aquellos cuya contribución era limitada o poco pertinente basándonos en los mismos parámetros de clasificación de la etapa de filtrado anterior. Como resultado de este proceso, y tras integrar los documentos clasificados en la categoría *Incluir*, se obtuvo un total de 116 documentos seleccionados, considerados pertinentes para avanzar a la siguiente fase del estudio.

Luego, se descargaron 116 documentos en formato PDF de la base de datos Scopus para realizar una revisión más detallada de su contenido (Filtro III en Fig. 2). Dado que el número de documentos era considerable y algunos presentaban un enfoque que se desviaba del objetivo principal de la investigación, se planteó la necesidad de corroborar la clasificación previamente realizada con el apoyo de la inteligencia artificial y a depurar nuevamente la información. Tras

esta última selección, se eliminaron 64 documentos de los 116. En algunos casos, los documentos eliminados se asociaban únicamente con la recolección de datos antes y después de una tormenta; las políticas de gestión del crecimiento económico; la valoración económica de parques influida por redes sociales; seguridad y privacidad en parques sin conexión con resiliencia ante eventos extremos; entre otras temáticas y variables que llevaron a su descarte. Vale la pena notar que, como resultado de una búsqueda realizada por los directores del trabajo de grado, se agregaron tres artículos adicionales de alta relevancia con el tema, a saber, French et al., (2019; Suárez et al., (2024) y Wang & Foley (2021). Por lo tanto, el conjunto definitivo de documentos consistió en 55 trabajos (artículos de revista y conferencias), que fueron sometidos a una lectura exhaustiva y constituyeron la base para el análisis bibliométrico y bibliográfico.

3.2 Etapa 2: Análisis bibliométrico

El conjunto definitivo de artículos seleccionados en la primera etapa fue gestionado en Zotero (Corporation for Digital Scholarship, s.f.) con el fin de evitar duplicados y facilitar su análisis. Posteriormente, mediante el uso del software VOSviewer (Van Eck & Waltman, 2010), se identificaron los siguientes parámetros bibliométricos: número de publicaciones, frecuencia de citación, autores más influyentes y, redes de colaboración, las palabras clave recurrentes y los países con mayor producción en la temática. Esta etapa permitió caracterizar el impacto y las tendencias de investigación, proporcionando una visión cuantitativa de la evolución del conocimiento asociado a las preguntas de investigación.

3.3 Etapa 3: Identificación de criterios técnicos y ambientales

Esta etapa consistió en un análisis de contenido de los documentos seleccionados, con el propósito de categorizar y organizar de manera sistemática los criterios que explican cómo los parques urbanos contribuyen a la capacidad de las ciudades para recuperarse frente a eventos

extremos. Como se describió en la Introducción, los criterios identificados se clasificaron en dos dimensiones: los técnicos, relacionados con el diseño y la infraestructura; y los ambientales, asociados a la biodiversidad y la conectividad verde. La información extraída se organizó en tablas que facilitaron la visualización y comparación de los hallazgos. Esta clasificación permitió sintetizar con mayor precisión cómo se articulan estos componentes para mejorar la capacidad de respuesta de los parques urbanos ante eventos extremos.

3.4 Etapa 4: Revisión de matrices, escalas de resiliencia y metodologías de categorización

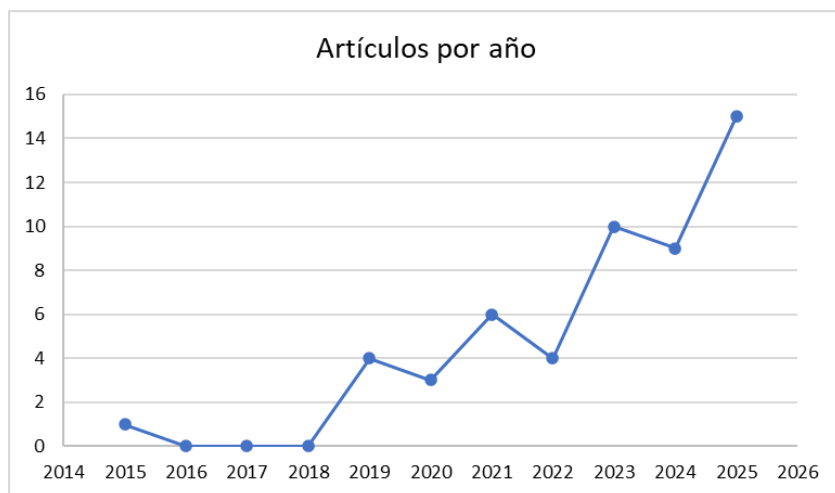
La fase final se centró en la búsqueda y descripción de las herramientas de evaluación reportadas en la literatura, con el objetivo de analizar cómo se ha valorado la contribución de los parques urbanos a la resiliencia de las ciudades. A partir de los documentos revisados, se identificaron matrices, escalas de evaluación de la resiliencia y otras metodologías de categorización aplicadas a parques urbanos en los artículos consultados, describiendo sus componentes y variables clave; estos elementos sirvieron como base para comprender cómo se ha medido el aporte de los parques a la resiliencia urbana. Asimismo, se sintetizó la información para identificar los marcos teóricos y metodológicos más recurrentes. Finalmente, se generó una descripción detallada de las matrices y escalas encontradas, evidenciando las distintas formas en que los parques urbanos pueden fortalecer la resiliencia de las ciudades y cómo este aporte ha sido abordado en el ámbito académico.

4. Resultados

4.1 Tendencias detectadas a partir de la bibliometría

El análisis de la evolución anual de la producción científica (Fig. 3) evidencia una tendencia de crecimiento marcada y sostenida a partir de 2019. Tras un aporte inicial aislado en 2015, el número de publicaciones experimentó un incremento continuo, pasando de cuatro artículos en 2019 a seis en 2021. Esta tendencia ascendente se consolidó con un primer pico de 10 trabajos en 2023, alcanzando su máximo en el último año del periodo analizado, con 15 publicaciones registradas en 2025. La clara aceleración en la producción académica refleja un aumento sustancial del interés investigador por esta línea de estudio.

Figura 3. Crecimiento anual de la investigación.



Los resultados del análisis de la distribución de publicaciones por *journal* se presentan en la Tabla 1. Se observa una marcada concentración en la revista *Sustainability (Suiza)*, con 15 publicaciones (29% del total de registros analizados). En un segundo nivel de frecuencia se encuentran revistas con una presencia moderada, lideradas por *Land* (4 publicaciones, 8%) y seguidas de *Forests* y *Urban Science* (con 3 artículos cada una, 6% respectivamente). Un grupo

de cinco revistas registró dos publicaciones cada una (4% cada una): *City and Environment Interactions*, *Ecological Indicators*, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* e *ISPRS International Journal of Geo-Information*. Finalmente, la distribución muestra una amplia dispersión, con 16 de las 26 revistas identificadas (61.5%) apareciendo con una única publicación (2% cada una). Este perfil de publicación, dominado por una revista clave y complementado por una larga cola de fuentes especializadas, revela el carácter multidisciplinario de la literatura consultada, congregando aportes centrales de la ciencia de la sostenibilidad junto con investigaciones de los ámbitos de la planificación territorial, la gestión ambiental, la silvicultura urbana y la geoinformación.

Tabla 1. *Publicación en journals.*

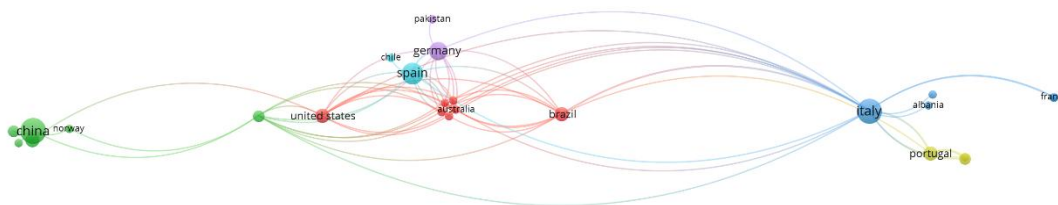
Categoría (Número de publicaciones)	Número de revistas	Ejemplos destacados
Alta frecuencia (≥ 3)	4	Sustainability (15), Land (4), Forests (3), Urban Science (3).
Frecuencia media (2)	5	City and Environment Interactions, Ecological Indicators, IJERPH, IOP Conf. Ser., ISPRS IJGI.
Baja frecuencia (1)	16	Agronomy, Environmental Research Letters, Frontiers in Climate, etc.

En la Figura 4 se muestra el resultado del análisis de coocurrencia de las palabras clave. En total, hay 110 palabras conectadas entre sí, con una frecuencia mínima de dos. Las palabras más frecuentes son *greenspace* (21 veces), *urban planning* (15), *green infrastructure* (12) y; *climate change* (12 veces). Además, en la Figura 4 se identifican cinco clústeres temáticos diferenciados por color. El clúster verde agrupa términos asociados a la planificación urbana sostenible y la infraestructura verde, como *greenspace*, *sustainability*, *green infrastructure* y *climate change*. El clúster azul se relaciona con la resiliencia urbana y el bienestar humano,

En la Figura 5 se observa el mapa de coautoría de los países. Los países donde pertenecen los autores más que más documentos han publicado son *China* (21 artículos), *Italia* (9 artículos), *España* (7 artículos) y *Alemania* (5 artículo), mientras que los países donde pertenecen los autores con mayor número de citas son *Italia* (205 veces), *España* (166 veces), *China* (92 veces) y *Rusia* (75 veces). Esta distribución evidencia un liderazgo claro de países de Europa y Asia, que concentran tanto la producción como el impacto académico.

Frente a esto, se observa un rezago significativo en la contribución de América Latina, región que no figura entre los principales productores ni entre los más citados. Esta brecha no solo refleja una menor participación en la discusión académica global, sino que también señala una oportunidad estratégica para desarrollar investigación contextualizada. Investigar desde y para Latinoamérica permitiría no solo cubrir un vacío en la literatura, sino también generar conocimientos aplicables a realidades donde la resiliencia ante desastres es urgente y el espacio público cumple roles sociales y ambientales críticos.

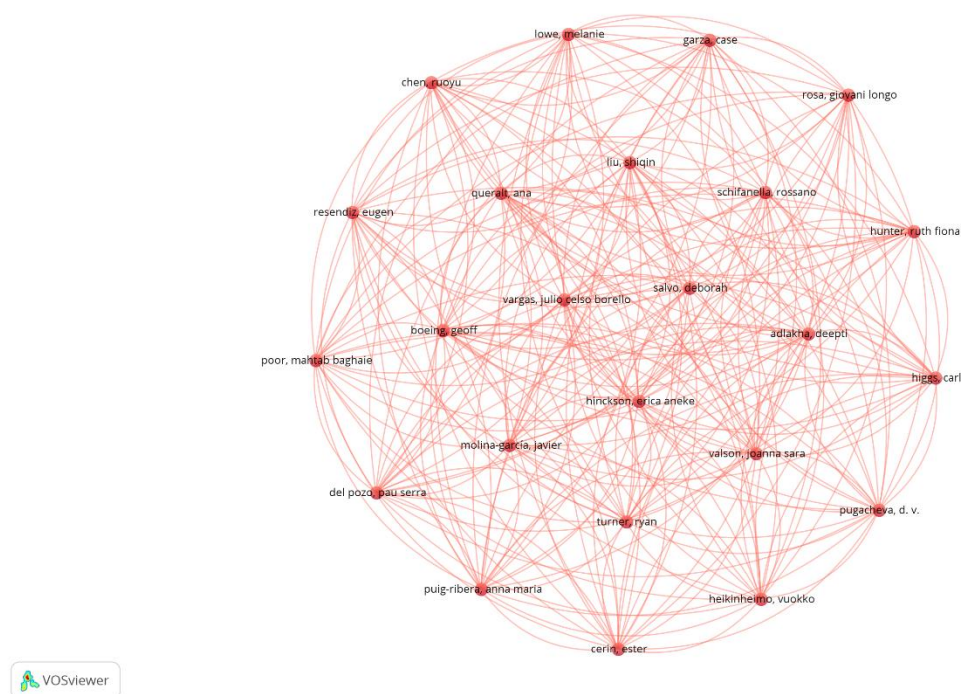
Figura 5. Mapa de coautoría de los países.



La Figura 6 muestra el mapa de coautoría por autores, mientras que la Figura 7 ilustra el mapa de coautoría por organizaciones. Los autores con mayor publicación en el tema son *Gruehn Dietwald*, *Khayyam Umer* y *Rayam Muhammad* (*Department of Spatial Planning, Technische Universität Dortmund*), *Ender Altay Elvan* (*Department of Landscape Architecture,*

Bursa Uludağ Üniversitesi) y *Kimic Kinga* (*Department of Landscape Architecture, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego*), todos con dos artículos. Por otra parte, los autores más citados son *Baró Francesc*, *Calderón-argelich Amalia*, *Conolly Jammes J.T.* y *Langemeyer Joannes* (117, citas), coautores del mismo artículo.

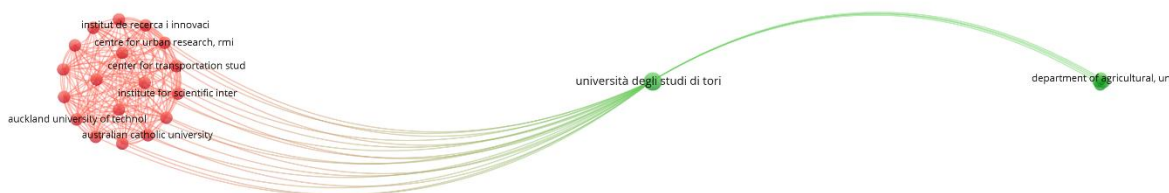
Figura 6. Mapa de coautoría de los autores.



Con relación a las instituciones de los autores (Fig. 7) se observa una tendencia fragmentada, en la cual se identifican tres agrupaciones principales. El primer grupo, representado en rojo, concentra la mayoría de las instituciones y evidencia un alto nivel de colaboración interna, lo que sugiere la existencia de un núcleo de investigación consolidado o en proceso de consolidación. El segundo grupo, en color verde, corresponde a un conjunto reducido de instituciones que presentan vínculos de colaboración limitados con el núcleo principal. Finalmente, se identifica un nodo aislado, que representa una institución con participación marginal y escasa interacción con el resto de la red. En particular, se observan afiliaciones relacionadas con

departamentos de biología (p. ej., *Department of environmental biology, Sapienza Università di Roma*), arquitectura (*Department of landscape architecture, Bursa Uludağ Üniversitesi*), planeación y geomática (*Department of spatial planning, Technische Universität Dortmund*, artículos) y agricultura (*Università degli Studi di Torino*). Esta variedad institucional refleja claramente la naturaleza interdisciplinaria de la investigación sobre la resiliencia en espacios públicos abiertos. La convergencia de disciplinas diversas evidencia que abordar la resiliencia ante desastres requiere integrar conocimientos técnicos, ambientales, entre otros. No se trata solo de un tema de ingeniería o arquitectura, sino de un campo híbrido donde la gestión del riesgo, la ecología urbana y la morfología de la ciudad se entrelazan.

Figura 7. Mapa de coautoría de las organizaciones.



4.2 Criterios técnicos y ambientales

De forma general, los criterios técnicos se relacionan con los aspectos de diseño y estructurales que permiten que la infraestructura verde cumpla adecuadamente su función en contextos urbanos. Entre ellos se incluyen la eficiencia en la gestión de las aguas pluviales, la capacidad de reducir la temperatura urbana, la conectividad ecológica y la integración con los sistemas de drenaje existentes (Griffiths et al., 2024). Por otra parte, los criterios ambientales se centran en los beneficios ecológicos de la infraestructura verde y en su contribución a la sostenibilidad urbana. Incluyen la capacidad de mejorar la biodiversidad, mitigar el efecto de isla de calor, reducir la contaminación del aire y del agua y fortalecer los servicios ecosistémicos

(Kabisch et al., 2015). La integración de estos criterios en la planificación urbana permite que los parques y espacios verdes funcionen como soluciones basadas en la naturaleza que promueven ciudades más sostenibles y resilientes (W. Wang et al., 2024). A continuación, se describen por separado las categorías y los criterios detectados en los trabajos analizados.

4.2.1 Criterios técnicos

- **Criterios técnicos para infraestructuras verdes y azules (BGI)**

Frente a la crisis climática, las ciudades requieren soluciones que usen el agua como recurso vital, un giro estratégico posible mediante intervenciones que integran agua, vegetación y espacio público en diseños resilientes. El estudio de Kimic & Ostrysz (2021) identifica nueve criterios técnicos para analizar la implementación de infraestructuras verdes y azules (BGI, “*Blue-Green Infrastructure*”) en áreas urbanas permiten clasificar su aporte a la capacidad de respuesta ante eventos extremos (Tabla 2). Estos criterios incluyen: limitaciones de implementación, costos de implementación y mantenimiento, requerimientos de superficie, preservación temporal, funciones adicionales y capacidad de combinación con otras BGI.

Cada criterio cuenta con una escala de medida ordinal que facilita su cuantificación y comparación. El sistema emplea tres formatos principales: una escala binaria (0–1) para presencia/ausencia o nivel de exigencia; una escala de tres niveles (0–1–2) para diferenciar grados de complejidad o intensidad; y una escala de rango espacial (1–2) para clasificar el alcance de la instalación (local o supra-local). Esta estructura convierte atributos cualitativos en valores numéricos comparables, lo que permite una evaluación sistemática del costo, la complejidad, el potencial de integración y la viabilidad de cada solución.

De este modo, los criterios no solo evalúan la factibilidad técnica de las intervenciones en parques urbanos, sino que también valoran su integración en sistemas de resiliencia urbana ante eventos como inundaciones, sequías u olas de calor, aportando así a una planificación más consistente y adaptable.

Tabla 2. *Criterios técnicos relacionados con BGI.*

Criterio	Indicador	Escala de medida
Limitaciones de implementación.	Necesidad de documentación de diseño y permiso de construcción.	0 = alta necesidad, 1 = baja necesidad
Costos de implementación.	Complejidad y tamaño de la solución.	0 = alto costo, 1 = bajo costo
Costos de mantenimiento.	Complejidad y tamaño de la solución.	0 = alto costo, 1 = bajo costo
Requerimientos de superficie.	Superficie mínima requerida.	0 = requiere más del mínimo, 1 = cumple con el mínimo
Preservación a lo largo del tiempo.	Susceptibilidad a daños.	0 = alta susceptibilidad, 1 = baja susceptibilidad
Rango de la instalación.	Escala espacial.	1 = escala local, 2 = escala supra-local
Funciones adicionales.	Número de funciones extra.	0 = ninguna, 1 = 1–2 funciones, 2 = 3 o más funciones
Capacidad de combinar con otras BGI.	Posibilidad de conexión.	0 = no combinable, 1 = combinable

Nota. Adaptado de Kimic & Ostrysz. (2021).

- **Infraestructura verde urbana (UGI) con enfoque hidrológico**

En contextos urbanos del sur global, caracterizados por alta densidad y limitaciones espaciales, la planificación de infraestructuras verdes urbanas (UGI) requiere enfoques

multifuncionales que integren dimensiones ecológicas y sociales. Fluhner et al. (2021) proponen un marco de evaluación técnica que prioriza la función hidrológica como eje central para la gestión de eventos extremos, transformando la escorrentía urbana en una oportunidad de resiliencia. Los criterios técnicos identificados se organizan en dos niveles clave (Tabla 3). Por una parte, los Criterios de diseño y ubicación consideran la función hidrológica principal (infiltración, retención, control) y las limitaciones de dimensionamiento físico, cruciales para intervenciones en espacios ya consolidados. Estos se complementan con los criterios de Desempeño Hidrológico, que evalúan la eficacia mediante indicadores cuantitativos como la capacidad de almacenamiento volumétrico (m^3) y la reducción potencial de la escorrentía (%), diferenciando entre eventos pequeños y grandes.

La aplicación de este marco, ejemplificada en un caso de estudio en la ciudad de Flores (2510 habitantes, 33 hectáreas) en Costa Rica, permite la selección estratégica de elementos de UGI —como zanjas de infiltración o humedales artificiales— para maximizar su aporte a la resiliencia hidrológica a escala de barrio (Fluhner et al., 2021). Así, la matriz de criterios presentada constituye un instrumento sólido y transferible para clasificar parques urbanos según su capacidad de respuesta técnica ante eventos extremos de precipitación, integrando de manera efectiva las dimensiones técnicas, ambientales y de resiliencia.

Tabla 3. *Criterios técnicos identificados para la evaluación de la infraestructura verde urbana (UGI) en contextos de resiliencia.*

Criterio	Indicador
Función hidrológica principal.	Categorías: control en origen, conducción, retención, infiltración, control final.
Restricciones de dimensionamiento.	Dimensiones mínimas/máximas (largo, ancho, profundidad)
Control de escorrentía (pequeños eventos).	Clasificación cualitativa: ++, +, o, - (Tabla 3)
Control de escorrentía (grandes eventos).	Clasificación cualitativa: ++, +, o, - (Tabla 3)
Capacidad de almacenamiento.	Volumen de almacenamiento (m ³)
Reducción potencial de escorrentía.	Porcentaje de reducción (%)

Nota. Adaptado de Baró et al. (2019).

- **Sistema de índices jerárquico para evaluación de parques urbanos**

Un parque no es solo un área verde; es un activo urbano cuya contribución a la resiliencia puede y debe medirse. En este sentido, Wang & Foley (2021) identificaron una serie de criterios técnicos organizados jerárquicamente que posibilitan la valoración del rendimiento de los parques urbanos en términos de su contribución a la resiliencia y sostenibilidad urbana, estas variables se integran en un Sistema de Índices Jerárquico (HIS, “*Hierarchical Index System*”) que clasifica y pondera indicadores esenciales. Aunque el sistema HIS incluye una amplia gama de criterios (p.ej., servicios ecosistémicos, socio-culturales y redes espaciales), para efectos de esta sección, se extrajeron y concentraron los criterios técnicos e indicadores vinculados a las dimensiones de Beneficios Socio-Culturales y Redes Espaciales (Tabla 4), significativos para determinar el rol de un parque urbano en la capacidad de respuesta de la ciudad ante eventos extremos. Estas dimensiones, abarcan aspectos como el patrimonio espiritual, el sentido de lugar,

la recreación, la educación, la salud, la diversidad de elementos paisajísticos, la coherencia con el entorno, la accesibilidad y la conectividad interna, entre otros. La identificación de estos criterios permite analizar y comparar cómo diferentes tipologías de parques urbanos, desde los de carácter histórico hasta los más contemporáneos, contribuyen de manera diferencial a la resiliencia urbana, ya sea a través de su capacidad de adaptarse a eventos extremos, de la provisión de beneficios sociales y culturales, o de su integración en la red espacial de la ciudad.

Tabla 4. *Criterios técnicos para evaluar la contribución de los parques urbanos a la resiliencia.*

Criterios e indicador	Interpretación
Patrimonio espiritual.	Integración de elementos históricos.
Sentido de lugar.	Apego emocional al parque (entrevistas).
Recreación y entretenimiento.	Número de instalaciones recreativas.
Educación.	Oportunidades educativas (carteles, etc.).
Salud.	Espacios para actividad física.
Diversidad de elementos paisajísticos.	Número de elementos (caminos, bordes agua, etc.).
Variedad de patrones, colores, estilos y texturas.	Uso diverso de materiales y acabados.
Variedad topográfica.	Diversidad de formas del terreno.
Coherencia y continuidad del entorno construido.	Armonía con el entorno adyacente.
Turismo.	Potencial como destino para visitantes.
Influencia en el valor del suelo adyacente.	Impacto económico en precios de vivienda.
Accesibilidad externa.	Tiempo de acceso a pie desde residencias.
Conexiones internas y orientación.	Calidad de circulación interna y señalética.

Nota. Adaptado de Wang & Foley. (2021).

- **Modelo de evaluación operativa de resiliencia en espacios públicos abiertos**

Los parques urbanos emergen en la literatura especializada no como meros espacios de esparcimiento, sino como infraestructuras de mitigación y respuesta con capacidad para operar bajo condiciones de estrés urbano extremo. Esta transformación conceptual exige un marco técnico-ambiental que evalúe su contribución real a la resiliencia urbana, desplazando el análisis de las dimensiones cualitativas hacia atributos funcionales y espaciales medibles. Alawi & Chu (2024) ofrecen un esquema estructurado en cuatro criterios: multifuncionalidad, eficiencia, seguridad y accesibilidad (Figs. 8 a 11) que permiten evaluar el diseño y la capacidad operativa de los parques ante eventos disruptivos.

La multifuncionalidad es la capacidad del parque para albergar múltiples funciones, tanto en condiciones normales como en emergencia. Su aplicación se materializa en cinco dimensiones clave (Fig. 8): (i) la integración cotidiana del parque garantiza un uso recurrente que facilita la rápida activación de protocolos en caso de crisis; (ii) la disponibilidad de espacios libres permite su adaptación inmediata para alojar instalaciones temporales, logística humanitaria o áreas de acopio, (iii) la incorporación de mobiliario inteligente favorece la reconfiguración espacial según las demandas específicas de cada evento, (iv) la provisión de servicios esenciales como agua, energía y saneamiento asegura la autonomía operativa durante interrupciones de la red urbana; finalmente, (v) la conexión con los sistemas naturales contribuye simultáneamente al bienestar psicológico postraumático y a la regulación ambiental del microclima.

Figura 8. Aspectos de la multifuncionalidad en espacios públicos abiertos resilientes ante desastres.



Nota. Adaptado de Alawi & Chu. (2024).

El criterio de eficiencia se centra en la capacidad espacial del parque para absorber y organizar los flujos críticos de personas durante una emergencia. Su principal indicador es el tamaño útil suficiente (Fig. 9), que debe ser proporcional a la densidad poblacional de su área de influencia. Este parámetro determina directamente la capacidad de albergar personas, operativos de respuesta y equipamiento sin saturación, asegurando que el espacio mantenga su funcionalidad bajo presión y evitando riesgos derivados de la congestión.

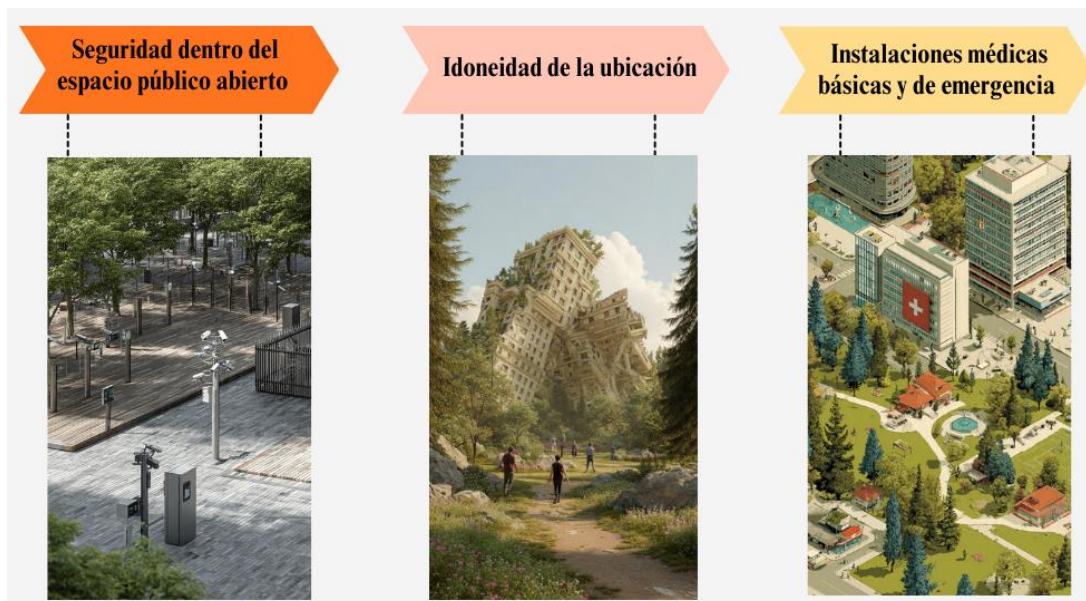
Figura 9. *Aspecto de eficiencia para espacios públicos abiertos resilientes ante desastres.*



Nota. Imagen desarrollada en Meta AI (Meta Platforms, Inc.,s. f.).

La seguridad se despliega en tres dimensiones técnicas que protegen tanto a los usuarios como a la infraestructura (Fig. 10). La seguridad interna, lograda mediante sistemas de control de accesos, vigilancia y monitoreo que previenen el desorden y protegen los recursos. La idoneidad de la ubicación, que exige una evaluación geoespacial que aleje el parque de amenazas primarias (fallas sísmicas activas o cauces inundables), secundarias (colapsos estructurales o explosiones en instalaciones adyacentes). Por último, la disponibilidad de infraestructura médica y de emergencia básica permite una primera respuesta in situ, descargando la presión sobre los sistemas hospitalarios centrales.

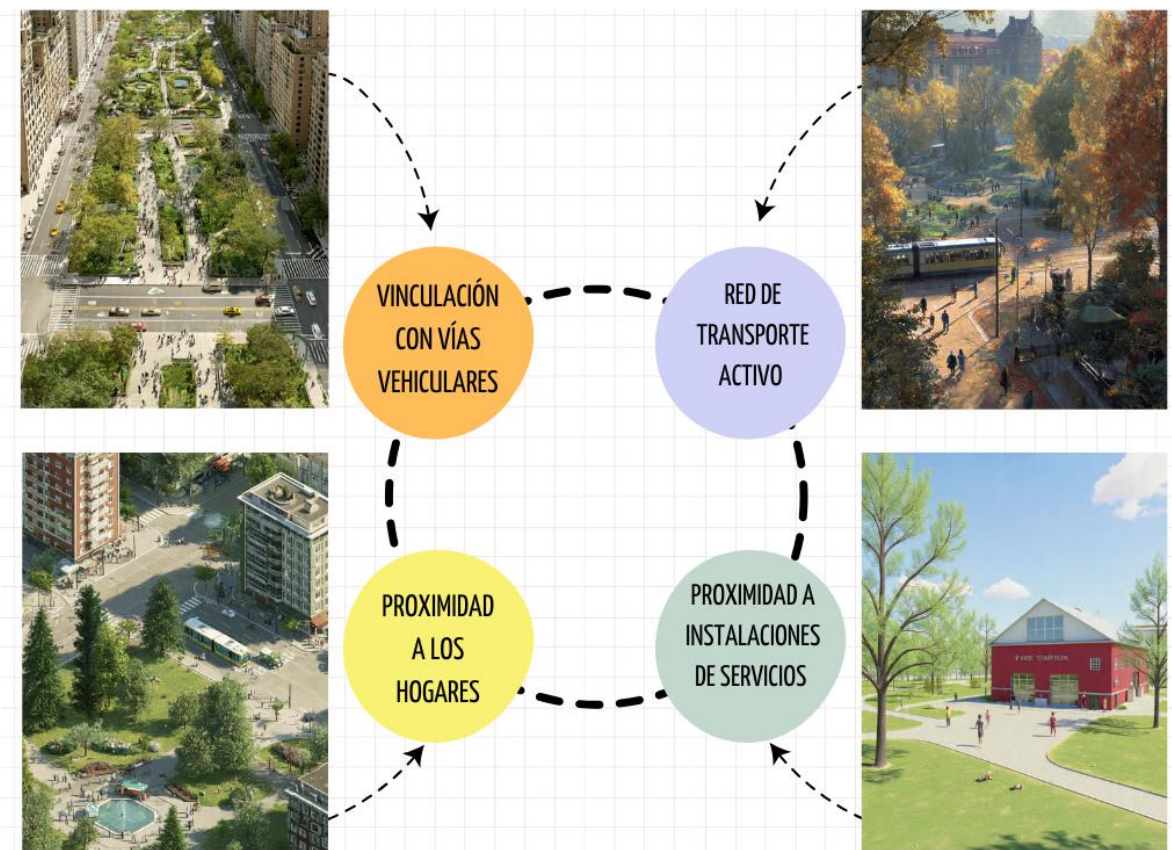
Figura 10. Aspectos de seguridad para espacios públicos abiertos resilientes ante desastres.



Nota. Adaptado de Alawi & Chu. (2024).

Finalmente, la accesibilidad evalúa la integración del parque en las redes urbanas de movilidad y servicios (Fig. 11). La conectividad vehicular asegura el acceso expedito de los equipos de rescate y de los suministros. Una red robusta de transporte activo —peatonal y ciclista— proporciona rutas alternativas de evacuación cuando el sistema vial colapsa. La proximidad a zonas residenciales reduce los tiempos de llegada a pie en los momentos críticos iniciales, y la cercanía a infraestructuras estratégicas, como hospitales, cuarteles de bomberos y centros de coordinación, facilita la interoperabilidad y el apoyo mutuo durante la respuesta.

Figura 11. Aspectos de accesibilidad de espacios públicos abiertos resilientes ante desastres.



Nota. Adaptado de Alawi & Chu. (2024).

- **Criterios técnicos para espacios públicos abiertos**

El estudio de French et al. (2019) sintetiza los criterios técnicos clave para planificar y diseñar espacios públicos abiertos (parques, plazas, campos deportivos) que contribuyan a la resiliencia sísmica. Estos espacios se convierten en centros espontáneos de respuesta y recuperación ante eventos extremos y requieren un diseño intencional que trascienda su función recreativa cotidiana. Los autores identifican cinco criterios técnicos centrales que operan como atributos evaluables del espacio físico y de su integración en la trama urbana, los cuales se resumen en la Tabla 5. Se observa que 4 de los 5 criterios coinciden (multifuncionalidad, eficiencia, seguridad y accesibilidad) con los propuestos por Alawi & Chu. (2024). La aplicación de este

marco permite transformar los espacios públicos en infraestructuras críticas de respuesta, capaces de absorber el impacto de un sismo y facilitar la recuperación urbana.

Tabla 5. *Pilares del espacio público resiliente.*

Criterio	Descripción Clave
Multifuncionalidad	Uso dual: vida cotidiana y emergencia (p. ej., parque/festival y refugio).
Redes y Conectividad	Sistema interconectado con rutas alternativas, accesible y a múltiples escalas.
Ubicación	Según riesgo sísmico, terreno y cercanía a población/infraestructura crítica.
Tamaño	Según número de evacuados y fase de emergencia (p. ej., 3.5 m ² /persona para refugio).
Infraestructura	Agua, saneamiento, energía, alimentación y señalización básica integrada.

Nota. Adaptado de French et al.(2019).

4.2.2 Criterios ambientales

- **Criterios ambientales para infraestructura verde urbana**

Rayan et al. (2022) identificó un grupo de criterios ambientales que caracterizan el aporte de los parques urbanos a la resiliencia climática de las ciudades. Dichos criterios, catalogados bajo el concepto de Infraestructura Verde Urbana (UGI, “*Urban Green Infrastructure*”), se organizan en ocho aspectos principales, cada uno enlazado a funciones ecosistémicas concretas y cuantificables que reducen los efectos de eventos extremos.

Los criterios identificados son: gestión de aguas pluviales, reducción de la isla de calor, calidad del aire, contaminación acústica, reducción de las emisiones de carbono, eficiencia energética, calidad del suelo y biodiversidad urbana. Para cada uno de ellos, los autores fijaron

indicadores medibles y sus respectivos métodos de medición, lo cual posibilita una evaluación objetiva del rendimiento de un parque frente a la adaptación climática. Por ejemplo, la capacidad de infiltración y retención hídrica asociada a la resiliencia ante las inundaciones, se mide mediante el porcentaje de superficie permeable y el volumen de agua retenido anualmente. La Tabla 6 presenta la síntesis integral de los criterios, describiendo cada categoría, su criterio operativo, el indicador y el método de medición.

Tabla 6. *Criterios ambientales aportados por la infraestructura verde.*

Criterio	Indicador	Método de medición
Gestión de aguas pluviales.	Superficies permeables.	Área permeable por km ² (%), volumen de agua retenida (m ³ /año).
Reducción de isla de calor.	Incremento de áreas verdes.	Diferencia de temperatura superficial (Landsat/Sentinel), % de cobertura verde por zona urbana.
Calidad del aire.	Barreras verdes en calles.	Concentración de PM2.5, NOx (µg/m ³) antes/después de la intervención.
Contaminación acústica.	Barreras sonoras verdes.	Niveles de dB(A) medidos con sonómetros en zonas con/sin vegetación.
Reducción de carbono.	Densidad de árboles.	Toneladas de CO ₂ secuestradas/año (modelos i-Tree, CUFR).
Eficiencia energética.	Estrategias verdes en edificios.	Reducción en consumo energético (%) (kWh/m ² /año).
Calidad del suelo.	Estabilización con vegetación.	Índice de erosión (RUSLE), contenido de materia orgánica en suelo (%).
Biodiversidad urbana.	Conectividad de red verde.	Índice de conectividad ecológica, número de especies de aves/insectos por zona.

Nota. Adaptado de Rayan et al. (2022).

- **Criterios ambientales para infraestructuras azules y verdes (BGI)**

Kimic & Ostrysz (2021) introducen una perspectiva evaluativa que contribuye al análisis de la resiliencia urbana. El estudio se centra en la valoración sistemática de soluciones

específicas de Infraestructura Azul y Verde (BGI, “*Blue-green infrastructure*”), que proporciona una conexión metodológica entre las funciones ecosistémicas teóricas y su implementación concreta en el espacio público. La característica innovadora principal de este marco es su sistema de calificación ambiental cuantificable. Los autores establecen once criterios fundamentales, vinculados a una escala de medición ordinal predeterminada (p.ej., de 0 a 3 puntos). Este sistema, resumido en la Tabla 7, permite convertir cualidades en indicadores numéricos comparables, como la capacidad de almacenar agua o el aporte a la biodiversidad.

Resultan particularmente relevantes los criterios vinculados a la regulación del ciclo hidrológico urbano, en especial aquellos que evalúan la reducción de la escorrentía superficial, la retención y la infiltración de agua. Estos indicadores reflejan directamente la habilidad de los espacios verdes para reducir el riesgo de inundaciones. Asimismo, los criterios relacionados con la diversidad de estructuras vegetales y de especies proporcionan una medida de cómo los espacios verdes urbanos contribuyen a la estabilidad ecológica y a la adaptación climática. Mientras que la diversidad de especies favorece la resiliencia ecológica y los servicios ecosistémicos, la diversidad de estructuras vegetales (p.ej., estratos arbóreos, arbustivos y herbáceos) influye en la capacidad de infiltración, la retención hídrica y la mitigación del calor urbano, reforzando así la multifuncionalidad del espacio verde frente a los desafíos climáticos.

Tabla 7. *Criterios ambientales aportados por BGI.*

Criterio	Indicador	Escala de medida
Temperatura del aire.	Impacto de vegetación/agua.	0 = sin impacto, 1 = con impacto positivo
Eliminación de la contaminación del aire.	Presencia de plantas.	0 = sin impacto, 1 = con impacto positivo
Remoción de contaminantes del agua de lluvia.	Mecanismos de purificación.	0 = sin capacidad, 1 = con capacidad 0 = 1–3 servicios, 1 = 4–6,
Cumplimiento de servicios ecosistémicos.	Número de servicios ofrecidos.	2 = 7–9, 3 = 10+
Diversidad de especies vegetales.	Número de especies.	0 = sin vegetación, 1 = 1 especie, 2 = 2 especies, 3 = 3+ especies
Diversidad de estructuras vegetales.	Número de tipos de estructuras.	0 = sin vegetación, 1 = 1 tipo, 2 = 2 tipos, 3 = 3+ tipos
Conformación de áreas biológicamente vitales.	Impacto de vegetación y permeabilidad.	0 = sin impacto, 1 = impacto bajo, 2 = impacto alto
Reducción de escorrentía superficial.	Grado de reducción del flujo.	1 = reducción baja, 2 = reducción alta
Retención de agua de lluvia.	Capacidad de retención.	0 = sin retención, 1 = retención baja, 2 = retención alta
Infiltración en el suelo.	Grado de infiltración.	0 = sin infiltración, 1 = infiltración baja, 2 = infiltración alta
Uso de materiales sostenibles.	Uso de materiales reciclados o de baja emisión.	0 = no usa, 1 = sí usa

Nota. Adaptado de Kimic & Ostrysz. (2021).

- **Criterios ambientales para UGI en espacios públicos**

La propuesta metodológica de Fluhrer et al. (2021) para evaluar el potencial de implementación de infraestructura verde urbana (UGI) en áreas públicas traduce los objetivos de mejora ecológica en parámetros medibles, orientando así las decisiones de diseño y localización de parques urbanos. Se destaca el criterio de promoción de la biodiversidad, evaluado mediante indicadores específicos vinculados a la creación de hábitat, la conectividad ecológica y la configuración física del paisaje, factores esenciales para la capacidad de respuesta y adaptación de los sistemas urbanos.

La Tabla 8 resume estos indicadores ambientales cuantificables, que incluyen: el crecimiento porcentual del espacio verde, la extensión lineal de vegetación en bordes viales, el área cubierta por nuevas superficies vegetadas y el número de nuevos hábitats generados. Adicionalmente, se evalúan el potencial ecológico y la biodiversidad mediante una clasificación cualitativa-comparativa.

Estos indicadores transforman intenciones ambientales en metas cuantificables, permitiendo priorizar intervenciones que favorezcan la diversidad biológica y la complejidad estructural del paisaje urbano. Su aplicación en la ciudad de Flores (2510 habitantes, 33 hectáreas) en Costa Rica demostró cómo un enfoque sistemático puede traducir criterios en intervenciones espaciales concretas que refuercen la resiliencia del tejido urbano.

Tabla 8. *Criterios e indicadores ambientales para la evaluación de espacios verdes urbanos.*

Criterio	Indicador
Potencial ecológico / biodiversidad.	Clasificación cualitativa: ++, +, o
Incremento de espacio verde.	Porcentaje de aumento (%)
Longitud de vegetación en bordes de vía activada.	Metros lineales (m)
Área de elementos vegetados en superficie creada.	Metros cuadrados (m ²)
Nuevos tipos de hábitat creados.	Número de hábitats nuevos (-)

Nota. Adaptado de Fluhrer et al. (2021).

- **Servicios ecosistémicos arbóreos**

El enfoque de Matasov et al. (2020) evalúa empíricamente los servicios ecosistémicos arbóreos mediante la instrumentación directa del arbolado urbano. Su aplicación, factible en parques urbanos, incorpora elementos innovadores como una red de sensores IoT (Treetalker+) para monitorear en tiempo real parámetros ecofisiológicos individuales de los árboles. Estos datos se transforman, mediante modelos, en indicadores cuantitativos de servicios ecosistémicos clave, como secuestro de carbono, enfriamiento local, transpiración y remoción de partículas que constituyen métricas directas de la contribución del arbolado a la resiliencia urbana frente a perturbaciones como islas de calor, inundaciones y contaminación del aire. Así, el enfoque vincula cuantitativamente los procesos biológicos con funciones ambientales, transformando criterios conceptuales en métricas objetivas para la gestión adaptativa.

Como se muestra en la Tabla 9, este enfoque genera criterios operativos para la gestión de parques resilientes, estructurados en un marco triple en el que un indicador específico, medido por un sensor tecnológico, define un criterio cuantificable. Allí, los criterios se agrupan en tres categorías esenciales para la respuesta ante eventos extremos: la regulación climática, que incluye el enfriamiento por sombra y transpiración, medido con termohigrómetros y sensores de crecimiento; la regulación hídrica, abarcando la reducción de escorrentías mediante transpiración e interceptación de agua en la copa, cuantificada con sensores de flujo de savia y espectrómetros; la mejora de la calidad del aire, evaluada mediante la remoción de gases y material particulado a partir de indicadores basados en el índice de área foliar (LAI, “*Leaf area index*”).

Tabla 9. *Criterios ambientales, indicadores y sensores utilizados para evaluar los servicios ecosistémicos en árboles urbanos.*

Criterio	Indicador	Sensor
Captura de carbono (secuestro de carbono atmosférico).	Tasa de crecimiento del árbol (incremento de la biomasa).	Sensor de crecimiento por infrarrojos (IR growth sensor).
Confort climático (enfriamiento del aire).	Diferencia de temperatura del aire bajo la copa vs. exterior.	Termo-higrómetro.
Moderación del viento.	Velocidad del viento bajo la copa.	Espectrómetro (estimación indirecta mediante LAI).
Enfriamiento por evaporación.	Energía latente transferida por transpiración.	Sensores de flujo de savia (sap-flow sensors).
Reducción de agua de lluvia en drenajes.	Transpiración del árbol.	Sensores de flujo de savia.
Retención de agua de lluvia en la copa.	Índice de área foliar (LAI).	Espectrómetro.
Mejora de la calidad del aire.	Remoción de material particulado (PM).	Espectrómetro (estimación indirecta mediante LAI).
Reducción de gases atmosféricos nocivos.	Adsorción de gases.	Espectrómetro (estimación indirecta mediante LAI).

Nota. Adaptado de Matasov et al. (2020).

- **Servicios ecosistémicos en espacios verdes urbanos y parques urbanos**

Si bien los árboles en las calles desempeñan un papel redistributivo clave en la provisión de servicios reguladores en ciudades compactas (Baró et al., 2019), los parques urbanos amplían esta función al integrar múltiples servicios ecosistémicos en un mismo espacio. En este contexto, se identificaron criterios ambientales derivados específicamente de los servicios ecosistémicos de regulación, que amortiguan directamente los impactos de eventos extremos relacionados con el clima y la contaminación, y que permiten una evaluación integral del aporte de estos espacios a la resiliencia climática. Para ello, se establecieron cuatro categorías (Tabla 10): purificación del aire, mitigación de la escorrentía, regulación de la temperatura y un índice sintético que combina las

tres variables anteriores en una métrica estandarizada; esto facilita la comparación del rendimiento de los espacios verde tanto en términos espaciales como temporales.

Tabla 10. *Criterios ambientales basados en servicios ecosistémicos para la evaluación de espacios verdes urbanos.*

Criterio	Indicador
Purificación del aire	Remoción de contaminantes
Mitigación de escorrentía	Escorrentía evitada (debido a la infiltración, evaporación e interceptación del agua por la copa del árbol)
Regulación de la temperatura urbana	Transpiración del árbol
Índice agregado de servicios ecosistémicos	Índice de SE (suma normalizada y reescalada de los tres indicadores anteriores)

Nota. Adaptado de Baró et al. (2019).

Por otra parte, Wang & Foley (2021) amplían este enfoque mediante un marco multidimensional aplicado a escala de parque, que evalúa su contribución a la resiliencia urbana ante eventos extremos desde dos dimensiones principales: servicios de regulación y soporte ecosistémico, y diversidad biológica y de hábitats (Tabla 11). Este marco no solo incorpora criterios de regulación similares a los de Baró et al. (2019), como la regulación hídrica y climática, sino que introduce aspectos clave como la adaptación a eventos extremos mediante infraestructuras específicas (p. ej., humedales construidos), la diversidad de hábitats y la conectividad funcional de la vegetación.

Tabla 11. *Criterios ambientales para evaluar la contribución de los parques urbanos a la resiliencia ante eventos extremos.*

Dimensiones	Criterio e indicador	Interpretación
Servicios de regulación y soporte ecosistémico	Regulación hídrica.	Turbiedad del agua tras lluvias (NTU)
	Purificación del agua.	Vegetación para filtrar contaminantes
	Regulación climática.	Áreas de agua y copas de árboles (%)
	Secuestro y almacenamiento de carbono.	Superficie verde (%)
	Adaptación a eventos extremos.	Medidas de diseño para tormentas (ej. humedales)
Diversidad biológica y de hábitats	Diversidad de fauna.	Riqueza de especies animales.
	Diversidad de flora.	Riqueza de especies vegetales.
	Diversidad de hábitats.	Número de tipos de hábitats.
	Cobertura de superficies permeables.	Superficie permeable (%).
	Conexión funcional.	Conectividad entre hábitats para especies.

Nota. Adaptado de Wang & Foley. (2021).

Estos criterios son relevantes porque vinculan la escala del parque con desafíos urbanos más amplios. Así, es posible analizar no solo la existencia de zonas verdes, sino también su eficacia real como atenuantes de alteraciones medioambientales, lo que mejora la capacidad de adaptación de los sistemas urbanos en general. La determinación de estos criterios resalta la necesidad de incorporar valoraciones basadas en servicios ecosistémicos al planear y administrar parques urbanos, lo que posibilita avanzar hacia una perspectiva estratégica y multifuncional de la infraestructura verde, en la que cada intervención se diseña y monitorea según su aporte verificable y eficaz a la resiliencia urbana.

- **Criterios de ecología del paisaje para planificación urbana**

La revisión sistemática identificó criterios ambientales basados en atributos funcionales y estructurales del paisaje que influyen en la capacidad de adaptación urbana. Capotorti et al.

(2015) proponen tres ejes aplicables al análisis de parques urbanos desde una perspectiva de resiliencia: mejora de la representatividad del ecosistema, que evalúa la correspondencia entre la vegetación existente y el potencial ecológico del territorio; restauración de la calidad del paisaje, medido mediante el Índice de Conservación del Paisaje (ILC), que integra el grado de artificialización del suelo y la discrepancia en cobertura vegetal; y mejora de la conectividad ecológica, que analiza la fragmentación de parches de vegetación y su impacto en el intercambio de especies y energía en entornos urbanos densos. La síntesis de estos criterios e indicadores se presenta en la Tabla 12, lo que ofrece una base para priorizar intervenciones y orientar la planificación de infraestructura verde resiliente.

Tabla 12. *Criterios e indicadores para la evaluación ambiental del paisaje.*

Criterio	Indicador
Mejora de la representatividad del ecosistema.	Porcentaje de cobertura de bosques naturales en las unidades de vegetación potencial. Presencia de vegetación seminatural o de áreas verdes urbanas dentro de las ecorregiones.
Restauración de la calidad del paisaje.	Índice de Conservación del Paisaje (ILC). Grado de artificialización (sellado del suelo, impacto agrícola).
Mejora de la conectividad ecológica.	Tipo de matriz del paisaje (urbana, agrícola, mixta) Fragmentación y distribución de parches de vegetación natural.

Nota. Adaptado de Capotorti et al. (2015).

Complementariamente, Suárez et al. (2024) organizan los criterios ambientales que sustentan la contribución de los parques urbanos a la resiliencia ante eventos extremos en dos dimensiones clave: autosuficiencia y autonomía, y diversidad ecológica. Estas dimensiones se operativizan mediante indicadores específicos para evaluar el rol de los espacios verdes en la resiliencia del sistema urbano (Tabla 13).

La dimensión de autosuficiencia y autonomía evalúa la capacidad de los parques para reducir la dependencia externa y fortalecer la autonomía local. Esto se mide a través de la calidad del espacio verde y su potencial para proveer servicios ecosistémicos de aprovisionamiento, como la producción de alimentos, crucial en situaciones de crisis. La diversidad ecológica, por su parte, aporta redundancia funcional y capacidad de adaptación. Sus indicadores incluyen la conectividad ecológica, la provisión de servicios de regulación (control de inundaciones, mitigación de calor), la oferta de servicios culturales (recreación, bienestar) y la conservación de la biodiversidad.

Tabla 13. *Criterios e indicadores ambientales para la autosuficiencia, diversidad y resiliencia de los sistemas.*

Criterio	Indicador
Autosuficiencia y autonomía (Minimizar dependencia).	Calidad de los espacios verdes Provisión de servicios ecosistémicos de aprovisionamiento.
Diversidad (Variedad de elementos en el sistema).	Conectividad ecológica Provisión de servicios ecosistémicos de regulación. Provisión de servicios ecosistémicos culturales Biodiversidad.

Nota. Adaptado de Suárez et al. (2024).

La integración de ambos marcos, el estructural-espacial de Capotorti et al. (2015) y el funcional-operativo de Suárez et al. (2024), permite evaluar sistemáticamente cómo los parques urbanos se configuran como elementos fundamentales para la resiliencia urbana, considerando tanto la configuración del paisaje como su capacidad para sostener servicios ecosistémicos clave ante eventos extremos.

4.3 Metodologías de evaluación

A continuación, se presenta una síntesis de los principales marcos, herramientas y sistemas metodológicos identificados en la literatura para evaluar la contribución de los parques urbanos a la resiliencia urbana. Se organizan y describen diferentes enfoques (cuantitativos, cualitativos e instrumentales) que permiten operacionalizar los criterios técnicos y ambientales previamente analizados, ofreciendo una base aplicada para la medición, clasificación y priorización de intervenciones en infraestructura verde urbana.

- **Naturalidad vs Funcionamiento**

La metodología propuesta en Hanna et al. (2023) mide la contribución de los espacios verdes urbanos a la resiliencia urbana a través de dos indicadores ecológicos principales: Naturalidad (*Nat*) y Funcionamiento (*Fun*). Este marco evalúa la capacidad de los parques urbanos para funcionar como infraestructura verde de apoyo ante eventos extremos mediante su estructura ecológica y sus procesos funcionales.

El parámetro *Nat* cuantifica el grado en que un parque está compuesto por componentes naturales (p.ej., vegetación nativa, suelo no intervenido y elementos hidrológicos naturales) frente a componentes artificiales (p.ej., pavimentos, mobiliario urbano y diseños geométricos). Por otro lado, el parámetro *Fun* mide la presencia y actividad de los procesos ecológicos e hidrogeomorfológicos naturales (p.ej., la infiltración de agua, acumulación de materia orgánica, retención de escorrentía y la regulación microclimática media evotranspiración y sombreado).

Hanna et al. (2023) identifican tres categorías desglosadas en 15 variables (Tabla 14) que explican la variabilidad de *Nat* y *Fun*, lo que permite un diagnóstico integral de los factores que limitan o potencian la resiliencia urbana. La medición de dichas variables se realiza mediante

herramientas SIG para las variables espaciales y de observación, y mediante herramientas de observación para los atributos cualitativos.

Tabla 14. Variables para evaluar los espacios verdes urbanos.

Categoría	Variable	Definición	Método de medición
Físicas	Regularidad	Grado de formas geométricas en el diseño.	SIG: área con diseño regular (%).
	Planeidad	Superficie plana/ terraplenada (%).	SIG: área plana / área total.
	Área total	Tamaño del sitio (m^2).	SIG: delimitación del polígono.
Ecológica	Cobertura vegetal	Área cubierta por vegetación (%).	SIG: área vegetada / área total.
	Suelo artificial	Superficie pavimentada o construida (%).	SIG: área artificial / área total.
	Suelo natural sin vegetación	Suelo natural descubierto (%).	SIG: área natural no vegetada/área total.
	Área de subsuelo natural	Suelo no intervenido (%).	SIG: área natural total /área total.
	Estratos vegetales	Número de capas (herbáceo, arbustivo, arbóreo).	Observación directa (0-3 capas).
	Vegetación nativa	Presencia de especies autóctonas.	Observación directa (binario: si/no).
	Plantaciones artificiales	Presencia de vegetación ornamental.	Observación directa (binario).
	Macetas	Vegetación de contenedores.	Observación directa (binario).
	Agrupación vegetal	Disposición en grupos vs dispersa.	Observación directa (binario).
Social	Circulación	Facilidad de acceso y tránsito interno.	Observación directa (cualitativa)
	Uso diurno	Intensidad de uso en horas de luz.	Conteo en horarios pico
	Uso en fin de semana	Intensidad de uso en sábado/domingo.	Conteo en fin de semana

Nota. Adaptado de Hanna et al. (2023).

Estos indicadores permiten categorizar a los parques urbanos en cuatro niveles de resiliencia (Fig. 12): ecoresilientes (alta Nat, alta Fun), artificialmente potenciados (alta Nat, baja Fun), regulados artificialmente (baja Nat, baja Fun) y ecostringidos (baja Nat, alta Fun). La ventaja de los indicadores *Nat* y *Fut* y el análisis proporcionado en este estudio radica en su simplicidad, ya que pueden aplicarse sin métodos sofisticados.

Figura 12. Categorización de niveles de resiliencia.



Nota. Modificado de Hanna et al. (2023).

- **Análisis espectral de la infraestructura verde-azul-gris.**

El análisis espectral desarrollado por Colli et al. (2025) establece una relación cuantificable entre la infraestructura verde-azul-gris y la respuesta térmica urbana, ofreciendo un marco metodológico basado en indicadores como Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI, “*Normalized Difference Vegetation Index*”), el Índice de Humedad en las Hojas (LWCI, “*Leaf Water Content Index*”), el Índice de Estrés Hídrico (MSI, “*Moisture Stress Index*”) y el Índice Normalizado de Suelos Construidos (NDBI, “*Normalized Difference Built-up Index*”). Este

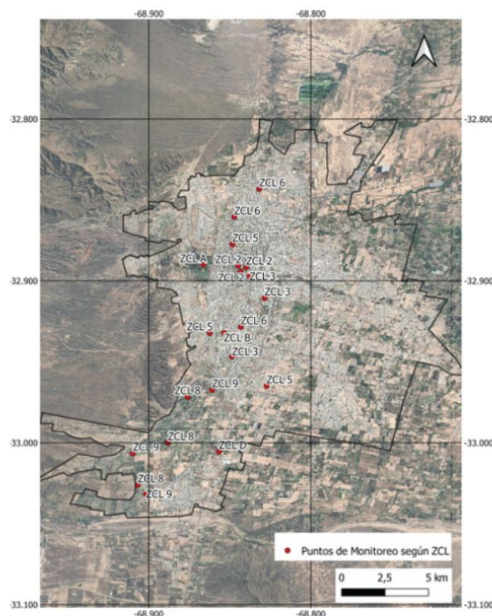
enfoque permite diagnosticar el comportamiento climático local mediante la zonificación térmica y la teledetección, generando mapas de riesgo y capacidad de enfriamiento asociados a los espacios verdes urbanos.

Los resultados obtenidos a partir del análisis de áreas de influencia (radios de 133 m y 219 m) alrededor de puntos de monitoreo en el Área Metropolitana de Mendoza, en Argentina (Fig. 13), evidencian que las variaciones de la temperatura mínima y media responden directamente al estado de la vegetación y la humedad del suelo. Las zonas con mayor NDVI y LWCI presentan temperaturas inferiores, mientras que un alto NDBI, asociado a superficies impermeables, se asocia con incrementos térmicos significativos (Tabla 15). Esta correlación refuerza el papel de la infraestructura verde-azul como moduladora del microclima urbano, especialmente en condiciones de estrés térmico. El protocolo de evaluación basado en datos geoespaciales es replicable y facilita la identificación de déficits de infraestructura verde y la respectiva priorización de intervenciones en parques urbanos.

Tabla 15. Rango y valoración de cada índice espectral.

Rango				Valoración
NDVI	LWCI	MSI	NDBI	
≤ 0	$\leq -0,42$	$> 1,53$	$> 0,37$	Muy deficiente.
> 0 $- 0,2$	$> -0,42, -0,05$	$1,26 - 1,53$	$0,20 - 0,37$	Deficiente.
$0,2 - 0,4$	$0,05 - 0,54$	$0,98 - 1,26$	$0,02 - 0,20$	Regular.
$0,4 - 0,6$	$0,54 - 1,02$	$0,70 - 0,98$	$-0,16$	Bueno.
$0,6 - 1$	$> 1,02$	$\leq 0,70$	$\leq -0,14$	Muy bueno.

Nota. Adaptado de Colli et al. (2025).

Figura 13. *Puntos de monitoreo*

Nota. Tomado de Colli et al. (2025).

- **Sistema de evaluación del potencial espacial de parques urbanos**

Li & He (2025) proponen un enfoque innovador que integra técnicas de aprendizaje automático interpretable y análisis espacial para evaluar el potencial de desarrollo de parques urbanos, con énfasis en su contribución a la resiliencia urbana. En este, el entorno ecológico se configura como un pilar fundamental, operacionalizado a través de cuatro indicadores (Tabla 16): el índice de contaminación atmosférica (basado en datos de PM_{2.5}), un índice de salud ambiental, la cobertura vegetal (FVC, “*Fractional vegetation cover*”) y la productividad primaria neta de la vegetación (NPP, “*Net primary production*”). Estos indicadores permiten cuantificar, a escala espacial, la calidad del aire, las condiciones del entorno, la extensión de la infraestructura verde y la capacidad de restauración ecológica, respectivamente. La integración de estos indicadores en un modelo geoespacial avanzado (GWRF, “*Geographically Weighted Random Forest*”) destaca su

utilidad no solo para la ubicación óptima de nuevos parques, sino también para priorizar intervenciones que mejoren la resiliencia ambiental ante eventos extremos como olas de calor o episodios de contaminación.

Tabla 16. *Dimensión ambiental para la evaluación de la recuperación de un sistema urbano.*

Factor	Construcción del indicador	Caracterización
Ecológico	Índice de contaminación del aire.	Uso de datos de PM2.5 para representar los niveles de contaminación atmosférica.
	Índice de salud ambiental.	Refleja el entorno urbano y se relaciona con el potencial de desarrollo del parque.
	Cobertura vegetal (FVC).	Grado de cobertura vegetal, positivamente correlacionado con el potencial.
	Productividad Primaria Neta de la Vegetación (NPP).	Refleja la capacidad de restauración ecológica a escala regional.

Nota. Adaptado de H. Li & He. (2025).

- **Sistemas de inferencia difusa (FIS)**

El marco basado en Sistemas de Inferencia Difusa (FIS, “*Fuzzy interference system*”) desarrollado por Nomura et al. (2025), permite priorizar intervenciones de infraestructura verde al traducir criterios técnico-ambientales de resiliencia en mapas de acción concretos, superando enfoques binarios mediante el procesamiento de la incertidumbre urbana. El modelo evalúa espacialmente criterios como vulnerabilidad a inundaciones o deslizamientos y la condición de la vegetación y calidad del agua, asignando tanto prioridades de intervención como tipologías específicas de UGI según la demanda ambiental dominante. Por ejemplo, para la mitigación de eventos extremos (categorizados como FIS1, Tabla 17), se prescriben soluciones como sistemas de drenaje sostenible, muros de contención vegetados y parques de infiltración urbana.

La flexibilidad del modelo se basa en el operador γ , que ajusta la sensibilidad de priorización para escenarios de corto, mediano y largo plazo, adaptando así la urgencia y el tipo de intervención a la capacidad de gestión. El marco fue validado por 18 expertos en la ciudad de São Paulo, Brasil, aplicado en un ámbito urbano amplio que incluye zonas verdes, cuerpos de agua, áreas de riesgo y diversos espacios socioambientales, y se consolida como una herramienta robusta para la planificación urbana resiliente basada en evidencia.

Tabla 17. *Recomendaciones para la incorporación de la infraestructura verde.*

Demanda/ FIS	Tipología 1	Tipología 2	Tipología 3	Tipología 4	Tipología 5
FIS1: Mitigación de eventos extremos	Sistemas de drenaje sostenible: incluyen cuencas de retención y pavimentos permeables para gestionar la escorrentía pluvial y reducir inundaciones	Muros de contención naturales: utilizan vegetación y técnicas de ingeniería para crear barreras naturales contra deslizamientos y erosión	Refugios de vida silvestre: áreas de vegetación nativa que proporcionan hábitats seguros para la fauna, contribuyendo a la preservación de la biodiversidad	Franjas de vegetación costera: plantación de vegetación costera como manglares y dunas para proteger contra la erosión costera y tormentas	Parques de infiltración urbana: espacios verdes diseñados para absorber agua de lluvia y recargar aguas subterráneas, mitigando inundaciones urbanas

Nota. Adaptado de Nomura et al. (2025).

• **Indicadores de sostenibilidad para espacios verdes urbanos**

Altay & Batman (2025) desarrollaron un sistema métrico aplicable a la resiliencia ambiental de los bosques urbanos mediante el Valor de Desempeño de Sostenibilidad (SPV, “*Sustainability performance value*”), específicamente en su categoría EcoSus. Esta descompone la capacidad ecológica en cinco indicadores cuantificables (Fig. 14): estructura paisajística intacta

(Ec1), superficie verde (Ec2), uso de plantas locales (Ec3), de energía renovable (Ec4), y cosecha de agua (Ec5).

Figura 14. *Indicadores de Sostenibilidad Ecológica.*



Nota. Adaptado de Altay & Batman. (2025).

La aplicación en el Bosque Urbano Atatürk de la ciudad de Bursa (150 ha) en Turquía (Fig. 15) evidencia una evaluación tangible de la resiliencia: mientras Ec3 muestra una alta adaptación bioclimática (92/100), Ec4 y Ec5 registran 0/100, lo que expone vulnerabilidades críticas de autosuficiencia energética e hídrica. Esta divergencia identifica puntos fuertes y fallas ante eventos extremos. Así, el marco provee un protocolo transferible a otros contextos, como el colombiano, que convierte la resiliencia en un perfil técnico medible. Los “ceros operativos” detectados indican dónde las intervenciones de diseño pueden transformar un espacio verde pasivo en infraestructura de resiliencia activa.

Figura 15. *Espacios verdes en el bosque urbano de Atatürk.*



Nota. Tomado de Altay & Batman. (2025).

- **Sistema de evaluación de servicios y diservicios del paisaje urbano**

El marco de evaluación propuesto por Fredisa et al. (2025) se estructura en la provisión de servicios y diservicios del paisaje, categorizando las funciones del espacio verde en cuatro dimensiones medibles: regulación, hábitat, información y producción, junto con la cuantificación de impactos negativos. Su relevancia para la resiliencia urbana radica en que cada dimensión se vincula con mecanismos de respuesta ante perturbaciones como la mitigación climática, la estabilidad ecológica, el amortiguamiento microclimático y la disponibilidad de recursos.

La metodología de aplicación es sistemática: primero se cuantifican indicadores clave (p.ej., captura de CO₂, índice de diversidad de Shannon) a partir de inventarios de campo; luego, cada valor se contrasta con una escala de umbrales predefinidos (Tabla 18), asignándose una puntuación de desempeño (bajo, regular, bueno); finalmente, se promedian los puntajes por función para obtener una calificación integral (Baja a Alta), incluyendo los diservicios, logrando un diagnóstico operativo e identificando desbalances específicos como una alta capacidad de secuestro de carbono junto con una alta vulnerabilidad por daños a infraestructura.

Tabla 18. Marco para la evaluación de servicios y diservicios.

Servicios de paisaje	Valor		
	Bajo	Regular	Bueno
Función de regulación			
Secuestro de CO ₂ (toneladas/año)	0-0,05	0,05-0,2	>0,2
Densidad de árboles (árbol/parcela)	0-2	2 - 4	>4
Muerte regresiva de copa (%)	>50	25-50	0-25
Área foliar (ha)	<0,1	0,1-0,2	>0,2
Follaje	<25%	25-50%	>50%
	árboles de hoja perenne	árboles de hoja perenne	
Función del hábitat			
Índice de Shannon	<1	1-3,0	>3,0
Índice de uniformidad	0-0,5	0,5-0,75	0,75-1,0
Proporción de árboles nativos	<25%	25-75%	>75%
	de árboles nativos	de árboles nativos	de árboles nativos
Función de información			
Recreación forestal	Sin cobertura arbórea	1-25% de la cobertura arbórea	25-75% de la cobertura arbórea
Función de producción			
Biomasa arbórea (kg)	<1	1 -10	>10
Biomasa de residuos verdes (kg)	>0,1	0,01-0,1	<0,01
Perjuicios al ecosistema			
	>75%	<25%	<25%
	de las especies arbóreas tienen ramas o troncos susceptibles de rotura, y en promedio presentan condiciones buenas, aceptables o deficientes	de las especies arbóreas tienen ramas o troncos susceptibles de rotura y condición arbórea promedio deficiente	de las especies arbóreas tienen ramas o troncos susceptibles de rotura, y condición arbórea promedio excelente, buena o regular
Daños a la infraestructura y riesgo para la seguridad humana			
Emisiones de COV de árboles (ton/año)	> 0.01	0.001–0.01	0–0.001
Emisiones de CO ₂ (ton/año)	> 0.01	0.001–0.01	0–0.001

Nota. Adaptado de Fredisa et al. (2025).

- **Sistema de cuantificación multidimensional del efecto de enfriamiento de parques urbanos**

La contribución de los parques urbanos a la mitigación del calor extremo puede evaluarse mediante marcos metodológicos que integran indicadores termorreguladores y factores moduladores biofísicos y morfológicos (W. Li et al., 2024). El núcleo de dichos marcos está compuesto por cuatro indicadores interrelacionados: el Área de Enfriamiento del Parque (PCA), la Eficiencia de Enfriamiento (PCE), el Gradiente de Enfriamiento (PCG) y la Intensidad de Enfriamiento (PCI).

El comportamiento de estos indicadores está determinado por factores internos, como las características morfológicas, biofísicas y de composición superficial del parque, y por factores externos, como la presencia de cuerpos de agua, la densidad edificatoria y la cobertura vegetal del entorno (Tabla 19). La interacción entre estos factores revela relaciones clave para el diseño de parques urbanos resilientes. Por ejemplo, el albedo superficial y la presencia de cuerpos de agua adyacentes influyen significativamente en la eficiencia de enfriamiento, mientras que el tamaño del parque presenta un umbral (alrededor de 10 ha) a partir del cual los beneficios térmicos adicionales se estabilizan. Este umbral fue identificado empíricamente en los 65 parques urbanos de Tianjin, China.

Tabla 19. Marco para evaluar el efecto de enfriamiento de los parques.

Dimensión	VARIABLES	Descripción
Factores Internos del Parque	Área del parque	Área del parque urbano. Unidad: hectárea (ha).
	Perímetro del parque.	Perímetro del parque urbano. Unidad: metros (m).
	LSI del parque.	Grado de complejidad de la forma del paisaje.
	IAF del parque.	Índice de área foliar. Los datos proceden de productos MODIS, basados en el producto global de LAI de alta calidad que ha demostrado tener alta precisión y captar eficazmente la dinámica de la vegetación.
	Árbol medio del parque.	Altura promedio de los árboles dentro de los parques, utilizando el conjunto de datos global de altura de dosel de 1m producido por Meta.
	LST del parque.	Temperatura de la superficie dentro de los parques. Se obtiene a partir de la recuperación de la temperatura de la superficie terrestre utilizando imágenes Landsat 8–9.
	Parque TC.	Área de dosel (copa de árboles) dentro de los parques.
	Parque Albedo.	Albedo de la superficie terrestre, se estiman utilizando el modelo METRIC.
	ET del parque.	Cantidad total de vapor de agua transportado desde la vegetación y la superficie hacia la atmósfera.
	Parque NDBI.	Índice de diferencia normalizada de área construida, se utiliza para extraer suelo urbanizado.
Factores Externos de los Parques	Zona de influencia NDISI.	Índice de Diferencia Normalizada de Superficie Impermeable (NDISI). Se utiliza para extraer la proporción de superficies impermeables.
	Zona de Influencia Agua.	Área total de cuerpos de agua dentro de la zona de enfriamiento del parque.
	Zona de influencia BD.	Densidad de edificios dentro de la zona de enfriamiento del parque.
	Zona de influencia TC.	Área de dosel (copa de árboles) dentro de la zona de enfriamiento del parque.

Nota: LSI (Landscape Shape Index / Índice de Forma del Paisaje) mide la complejidad de la forma del parque en relación con una forma geométrica regular.

Nota. Adaptado de W. Li et al. (2024).

5. Conclusiones

La revisión bibliográfica sistemática desarrollada permitió establecer un marco de indicadores para evaluar el aporte resiliente de los parques urbanos, integrando hallazgos clave, aportes y perspectivas futuras. Como respuesta al objetivo general, se consolidó un marco dual integrado que articula criterios técnicos (multifuncionalidad, eficiencia, seguridad y accesibilidad) con criterios ambientales (regulación térmica, gestión hídrica y biodiversidad). La principal contribución es demostrar que la resiliencia no surge de atributos aislados, sino de la configuración sistémica del parque como infraestructura verde multifuncional. Las principales conclusiones asociadas a los objetivos específicos son:

El análisis bibliométrico evidenció una consolidación temática desde 2019, pero reveló una brecha geográfica crítica: América Latina está subrepresentada en la literatura. Esto evidencia la necesidad de desarrollar indicadores contextualizados.

Los criterios técnicos y ambientales operan como sistemas complementarios: la multifuncionalidad define la capacidad de acogida durante emergencias, mientras que los servicios ecosistémicos determinan la capacidad de amortiguación ecológica. Su interrelación, por ejemplo, cómo la seguridad depende tanto de la ubicación como de la estabilidad del suelo, constituye un aporte metodológico clave.

Se evidenció que la multifuncionalidad técnica (espacios libres, mobiliario adaptable, servicios esenciales) y la multifuncionalidad ambiental (regulación térmica, gestión hídrica, biodiversidad) no son dimensiones paralelas, sino que se potencian mutuamente. Un parque diseñado para albergar refugiados en emergencias (función técnica) requiere simultáneamente de un microclima regulado y suelos estables (función ambiental) para ser verdaderamente resiliente.

En la síntesis de metodologías de evaluación, se identificó que la efectividad de las herramientas depende de su capacidad para operacionalizar criterios en escalas aplicables. Si bien los marcos operativos multidimensionales y las métricas espacialmente explícitas (como FIS o análisis espectral) permiten evaluaciones integradas, su utilidad práctica está condicionada por la disponibilidad de datos y la capacidad técnica local. Esto revela una brecha entre el desarrollo metodológico y su implementación efectiva en contextos diversos, especialmente donde los recursos son limitados.

6. Referencias Bibliográficas

- Abdelaziz, H. M., Elattar, M. E., & Hamdy, O. (2024). Proposing a selective sub-tool to activate the role of parks in achieving the resilience of Egyptian cities. *Journal of Engineering Research (Kuwait)*. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.jer.2024.05.024>
- Alawi, M., & Chu, D. (2024). New approach to integrating disaster resilience into public open space planning and design. *Journal of Infrastructure, Policy and Development*, 8(9). Scopus. <https://doi.org/10.24294/jipd.v8i9.5222>
- Baró, F., Calderón-Argelich, A., Langemeyer, J., & Connolly, J. J. T. (2019). Under one canopy? Assessing the distributional environmental justice implications of street tree benefits in Barcelona. *Environmental Science and Policy*, 102, 54-64. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.08.016>
- Capotorti, G., Mollo, B., Zavattero, L., Anzellotti, I., & Celesti-Grapow, L. (2015). Setting priorities for urban forest planning. A comprehensive response to ecological and social needs for the metropolitan area of rome (Italy). *Sustainability (Switzerland)*, 7(4), 3958-3976. Scopus. <https://doi.org/10.3390/su7043958>
- Choi, H., & Seo, Y.-A. (2019). The process of creating Yongsan Park from the urban resilience perspective. *Sustainability (Switzerland)*, 11(5). Scopus. <https://doi.org/10.3390/su11051225>
- Colli, M. F., Martínez, C., & Correa, É. (2025). State of Urban Infrastructure and thermal response: A starting point for heat risk analysis. Mendoza-Argentina Study Case. *Cuadernos Geograficos*, 64(2), 175-194. Scopus. <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v64i2.32130>

- Deng, Z., Du, Q., Lei, B., & Bi, W. (2025). Evaluating Perceived Resilience of Urban Parks Through Perception–Behavior Feedback Mechanisms: A Hybrid Multi-Criteria Decision-Making Approach. *Buildings*, *15*(14). Scopus. <https://doi.org/10.3390/buildings15142488>
- Dhar, T. K., & Khirfan, L. (2023). A sixfold urban design framework to assess climate resilience: Generative transformation in Negril, Jamaica. *PLOS ONE*, *18*(6 June). Scopus. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0287364>
- Ender Altay, E., & Pirselimoglu Batman, Z. (2025). Assessing Sustainability in Urban Forests: A Case Analysis of Atatürk Urban Forest (Bursa). *Forests*, *16*(1). Scopus. <https://doi.org/10.3390/f16010012>
- Fluhrer, T., Chapa, F., & Hack, J. (2021). A methodology for assessing the implementation potential for retrofitted and multifunctional urban green infrastructure in public areas of the global south. *Sustainability (Switzerland)*, *13*(1), 1-25. Scopus. <https://doi.org/10.3390/su13010384>
- Fredisa, Y., Karlinasari, L., Kaswanto, R. L., & Siregar, I. Z. (2025). The Role of Urban Forest in Providing Landscape Services: A Case Study from Bekasi City, West Java, Indonesia. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, *15*(5), 890-903. Scopus. <https://doi.org/10.29244/jpsl.15.5.890>
- Gabor, A., Reinwald, F., & Damyanovic, D. (2023). Methodological Framework for Fostering the Implementation of Climate-Responsive Public Spaces and Streetscapes to Support Multifunctional Design. *Sustainability (Switzerland)*, *15*(4). Scopus. <https://doi.org/10.3390/su15043775>
- Gallay, I., Olah, B., Murtinová, V., & Gallayova, Z. (2023). Quantification of the Cooling Effect and Cooling Distance of Urban Green Spaces Based on Their Vegetation Structure and

- Size as a Basis for Management Tools for Mitigating Urban Climate. *Sustainability (Switzerland)*, 15(4). Scopus. <https://doi.org/10.3390/su15043705>
- Gebreyesus, T., Borgemeister, C., & Jauregui, C. H. (2025). Exploring the role of urban nature in mitigating the climate footprint of urbanization in Ethiopia. *City and Environment Interactions*, 27. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2025.100217>
- Gómez-Villarino, M. T., Gómez Villarino, M., & Ruiz-García, L. (2021). Implementation of urban green infrastructures in peri-urban areas: A case study of climate change mitigation in madrid. *Agronomy*, 11(1). Scopus. <https://doi.org/10.3390/agronomy11010031>
- Griffiths, J., Borne, K. E., Sémadeni-Davies, A., & Tanner, C. C. (2024). Selection, Planning, and Modelling of Nature-Based Solutions for Flood Mitigation. *Water (Switzerland)*, 16(19). Scopus. <https://doi.org/10.3390/w16192802>
- Hanna, E., Bruno, D., & Comín, F. A. (2023). Evaluating naturalness and functioning of urban green infrastructure. *Urban Forestry and Urban Greening*, 80. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127825>
- Kabisch, N., Qureshi, S., & Haase, D. (2015). Human-environment interactions in urban green spaces—A systematic review of contemporary issues and prospects for future research. *Environmental Impact Assessment Review*, 50, 25-34. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2014.08.007>
- Karami, P., & Mousavi, S.-M. (2025). Spatiotemporal analysis of thermal islands in a semi-arid city: A case study of Kermanshah, Iran using machine learning and remote sensing. *Environmental Challenges*, 20. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2025.101174>
- Khodadad, M., Sanei, M., Aguilar-Barajas, I., Cárdenas-Barrón, L. E., Ramírez-Orozco, A. I., Rizzo, A., & Khan, A. Z. (2025). Green infrastructure site prioritization to improve urban

- flood resilience in Monterrey and Brussels using a decision support model. *Scientific Reports*, 15(1). Scopus. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-94851-z>
- Kimic, K., & Fekete, A. (2022). The Ratio of Biologically Vital Areas as a Measure of the Sustainability of Urban Parks Using the Example of Budapest, Hungary. *Resources*, 11(5). Scopus. <https://doi.org/10.3390/resources11050047>
- Kimic, K., & Ostrysz, K. (2021). Assessment of blue and green infrastructure solutions in shaping urban public spaces—Spatial and functional, environmental, and social aspects. *Sustainability (Switzerland)*, 13(19). Scopus. <https://doi.org/10.3390/su131911041>
- Li, H., & He, L. (2025). Park Development, Potential Measurement, and Site Selection Study Based on Interpretable Machine Learning—A Case Study of Shenzhen City, China. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 14(5). Scopus. <https://doi.org/10.3390/ijgi14050184>
- Li, W., Wu, T., Xuan, L., Zhu, K., Yu, L., Wang, Y., Wang, X., & Yu, K. (2024). Quantifying and Mapping the Cooling Effect and Equity of Urban Parks during Extreme Heat Events in Coastal Cities. *Land*, 13(10). Scopus. <https://doi.org/10.3390/land13101607>
- Li, Y., Li, T., Liu, W., Yan, T., Yu, D., & Zhang, L. (2024). Urban Green Space Planning and Design Based on Big Data Analysis and BDA-UGSPD Model. *Tehnicki Vjesnik*, 31(2), 543-550. Scopus. <https://doi.org/10.17559/TV-20231123001144>
- Matasov, V., Belelli Marchesini, L. B., Yaroslavl'tsev, A., Sala, G., Fareeva, O., Seregin, I., Castaldi, S., Vasenev, V., & Valentini, R. (2020). IoT monitoring of urban tree ecosystem services: Possibilities and challenges. *Forests*, 11(7). Scopus. <https://doi.org/10.3390/F11070775>

- Meerow, S., Newell, J. P., & Stults, M. (2016). Defining urban resilience: A review. *Landscape and Urban Planning*, *147*, 38-49. Scopus.
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.11.011>
- Nomura, L. M. N., Bressane, A., Monteiro, V. V., de Oliveira, I. V. B., Ruas, G., Negri, R. G., & Da Silva, A. M. (2025). Identifying Priority Areas for Planning Urban Green Infrastructure: A Fuzzy Artificial Intelligence-Based Framework. *Urban Science*, *9*(4). Scopus. <https://doi.org/10.3390/urbansci9040126>
- Pokhrel, S. (2019). Green space suitability evaluation for urban resilience: An analysis of kathmandu metropolitan city, nepal. *Environmental Research Communications*, *1*(10). Scopus. <https://doi.org/10.1088/2515-7620/ab4565>
- Rayan, M., Gruehn, D., & Khayyam, U. (2022). Frameworks for Urban Green Infrastructure (UGI) Indicators: Expert and Community Outlook toward Green Climate-Resilient Cities in Pakistan. *Sustainability (Switzerland)*, *14*(13). Scopus.
<https://doi.org/10.3390/su14137966>
- Salgado, K., De La Barrera, F., Salinas, V., González, S., Reyes-Paecke, S., Truffello, R., & Salvati, A. (2025). Beyond the Canopy: In Situ Evidence of Urban Green Spaces' Cooling Potential Across Three Chilean Cities. *Urban Science*, *9*(11). Scopus.
<https://doi.org/10.3390/urbansci9110485>
- Sethi, D., Mamatha, N., Upadhyay, M., Islam, A., Ravinder, B., & Band, G. (2025). Integration of Green Infrastructure in Urban Design: Enhancing Ecological and Social Resilience. *Journal of Applied Bioanalysis*, *11*(2), 307-316. Scopus.
<https://doi.org/10.53555/jab.v11i2.210>

- Sharifi, A. (2016). A critical review of selected tools for assessing community resilience. *Ecological Indicators*, 69, 629-647. Scopus.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.05.023>
- Suárez, M., Rieiro-Díaz, A. M., Alba, D., Langemeyer, J., Gómez-Baggethun, E., & Ametzaga-Arregi, I. (2024). Urban resilience through green infrastructure: A framework for policy analysis applied to Madrid, Spain. *Landscape and Urban Planning*, 241. Scopus.
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2023.104923>
- Takin, M., Cilliers, E. J., & Ghosh, S. (2023). Advancing flood resilience: The nexus between flood risk management, green infrastructure, and resilience. *Frontiers in Sustainable Cities*, 5. Scopus. <https://doi.org/10.3389/frsc.2023.1186885>
- Turner, R., Higgs, C., Heikinheimo, V., Hunter, R., Vargas, J. C. B., Liu, S., Resendiz, E., Boeing, G., Adlakha, D., Schifanella, R., Rosa, G. L., Pugacheva, D., Chen, R., Poor, M. B., Molina-García, J., Queralt, A., Puig-Ribera, A., del Pozo, P. S., Garza, C., ... Lowe, M. (2025). Internationally Validated Open Access Indicators of Large Public Urban Green Space for Healthy and Sustainable Cities. *Geographical Analysis*, 57(4), 793-808. Scopus. <https://doi.org/10.1111/gean.70023>
- Wang, J., & Foley, K. (2021). Assessing the performance of urban open space for achieving sustainable and resilient cities: A pilot study of two urban parks in Dublin, Ireland. *Urban Forestry and Urban Greening*, 62. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127180>
- Wang, W., Wei, H., Hassan, H., & He, X. (2024). Research progress and prospects of urban resilience in the perspective of climate change. *Frontiers in Earth Science*, 12. Scopus. <https://doi.org/10.3389/feart.2024.1247360>

Xia, J., Yan, Y., Dou, Z., Han, D., & Zhang, Y. (2025). Exploring the Role of Urban Green Spaces in Regulating Thermal Environments: Comparative Insights from Seoul and Busan, South Korea. *Forests*, 16(10). Scopus. <https://doi.org/10.3390/f16101515>

You, X., Sun, Y., & Liu, J. (2022). Evolution and analysis of urban resilience and its influencing factors: A case study of Jiangsu Province, China. *Natural Hazards*, 113(3), 1751-1782. Scopus. <https://doi.org/10.1007/s11069-022-05368-x>

QuillBot Inc. (s. f.). QuillBot: AI-powered paraphrasing tool. <https://quillbot.com>

DeepSeek AI. (s. f.). DeepSeek: Large language model platform. <https://www.deepseek.com>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2023). Programa ciudades biodiversas y resilientes (CBR). Dirección de Asuntos Ambientales Sectorial y Urbano (DAASU). <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/ciudades-biodiversas-y-resilientes/>

Elsevier. (s.f.). Scopus [Base de datos]. Elsevier. <https://www.scopus.com>

Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). VOSviewer (Versión 1.6.20) [Software de visualización bibliométrica]. Leiden University. <https://www.vosviewer.com>

Corporation for Digital Scholarship. (s.f.). Zotero (Versión 7.0) [Gestor de referencias]. Roy Rosenzweig Center for History and New Media, George Mason University. <https://www.zotero.org>

Meta Platforms, Inc. (s. f.). Meta AI: Artificial intelligence assistant. <https://ai.meta.com>

7. Apéndices

Apéndice A. Cadenas de búsqueda.

1. Pregunta de revisión y selección de términos		
Investigadores:	Programa:	Fecha
Neider Quiroga y Karen Velandia	Ingeniería civil	
Tema de investigación:		

Parques Urbanos Resilientes: análisis bibliográfico de los criterios de clasificación según su aporte a la capacidad de respuesta de las ciudades ante eventos extremos.

Pregunta(s) de revisión:

- ¿Qué criterios ambientales y técnicos permiten clasificar los parques urbanos resilientes según su aporte a la capacidad de respuesta de las ciudades ante eventos extremos?
- ¿Cómo influyen las características físicas de los parques (p.ej., tamaño, localización, morfología urbana) en su capacidad para aportar a la mitigación de eventos extremos?
- ¿Cuáles son los factores ambientales de los parques (p.ej., cobertura vegetal, drenaje, permeabilidad del suelo, biodiversidad) con mayor aporte a la resiliencia urbana?
- ¿Cómo contribuye la accesibilidad y el equipamiento urbano de los parques a la respuesta y recuperación ante desastres o emergencias?
- ¿Qué metodologías o marcos de evaluación existen para clasificar parques urbanos según su nivel de resiliencia?

Criterios de selección

Inclusión	Exclusión
Artículos de investigación en revistas	Publicaciones no disponibles en texto completo.
Ponencias o comunicaciones en congresos	
Periodo de publicación: 2015-2025	
Publicaciones en inglés, español	

Prompts aplicados en Scopus AI y expresión de búsqueda subyacente:

- 1) ¿Qué criterios ambientales y técnicos permiten clasificar los parques urbanos resilientes según su aporte a la capacidad de respuesta de las ciudades ante eventos extremos?

("resilient" OR "sustainable" OR "adaptive" OR "robust") AND ("urban park" OR "green space" OR "public space" OR "recreational area") AND ("extreme event" OR "natural disaster" OR "climate change" OR "hazard") AND ("urban response" OR "disaster management" OR "emergency planning" OR "crisis response") AND ("community resilience" OR "social cohesion" OR "public health" OR "environmental impact")

 - 2) ¿Cómo influyen las características físicas de los parques (p.ej., tamaño, localización, morfología urbana) en su capacidad para aportar a la mitigación de eventos extremos?

("park" OR "green space" OR "recreation area" OR "public space") AND ("characteristics" OR "features" OR "attributes" OR "qualities") AND ("extreme events" OR "natural disasters" OR "hazards" OR "catastrophes") AND ("mitigation" OR "reduction" OR "management" OR "response")

 - 3) ¿Cuáles son los factores ambientales de los parques (p.ej., cobertura vegetal, drenaje, permeabilidad del suelo, biodiversidad) con mayor aporte a la resiliencia urbana?
-

("environmental factors" OR "ecological" OR "natural elements" OR "green spaces") AND ("parks" OR "recreation" OR "public spaces" OR "urban green") AND ("urban resilience" OR "city resilience" OR "sustainability" OR "adaptation") AND ("biodiversity" OR "habitat" OR "ecosystem" OR "flora and fauna") AND ("climate change" OR "weather patterns" OR "environmental stressors" OR "natural disasters") AND ("community engagement" OR "social cohesion" OR "public participation" OR "stakeholder involvement")

- 4) ¿Cómo contribuye la accesibilidad y el equipamiento urbano de los parques a la respuesta y recuperación ante desastres o emergencias?

("accessibility" OR "inclusivity" OR "barrier-free" OR "universal design") AND ("urban equipment" OR "park facilities" OR "public amenities" OR "infrastructure") AND ("disaster response" OR "emergency management" OR "crisis intervention" OR "disaster preparedness") AND ("parks" OR "green spaces" OR "recreational areas" OR "public parks")

- 5) ¿Qué metodologías o marcos de evaluación existen para clasificar parques urbanos según su nivel de resiliencia?

("urban park" OR "green space" OR "public park" OR "recreational area") AND ("resilience" OR "sustainability" OR "robustness" OR "adaptability") AND ("evaluation" OR "assessment" OR "analysis" OR "measurement") AND ("methodology" OR "approach" OR "technique" OR "framework")

Formulación de expresiones de búsqueda

Scopus:

- TITLE-ABS-KEY(("resilient" OR "sustainable" OR "adaptive" OR "robust") AND ("urban park" OR "green space" OR "public space" OR "recreational area") AND ("extreme event" OR "natural disaster" OR "climate change" OR "hazard") AND ("urban

- response" OR "disaster management" OR "emergency planning" OR "crisis response")
AND ("community resilience" OR "social cohesion" OR "public health" OR
"environmental impact"))
- TITLE-ABS-KEY(("park" OR "green space" OR "recreation area" OR "public space")
AND ("characteristics" OR "features" OR "attributes" OR "qualities") AND ("extreme
events" OR "natural disasters" OR "hazards" OR "catastrophes") AND ("mitigation" OR
"reduction" OR "management" OR "response"))
 - TITLE-ABS-KEY(("environmental factors" OR "ecological" OR "natural elements" OR
"green spaces") AND ("parks" OR "recreation" OR "public spaces" OR "urban green")
AND ("urban resilience" OR "city resilience" OR "sustainability" OR "adaptation") AND
("biodiversity" OR "habitat" OR "ecosystem" OR "flora and fauna") AND ("climate
change" OR "weather patterns" OR "environmental stressors" OR "natural disasters")
AND ("community engagement" OR "social cohesion" OR "public participation" OR
"stakeholder involvement"))
 - TITLE-ABS-KEY(("accessibility" OR "inclusivity" OR "barrier-free" OR "universal
design") AND ("urban equipment" OR "park facilities" OR "public amenities" OR
"infrastructure") AND ("disaster response" OR "emergency management" OR "crisis
intervention" OR "disaster preparedness") AND ("parks" OR "green spaces" OR
"recreational areas" OR "public parks"))
 - TITLE-ABS-KEY(("urban park" OR "green space" OR "public park" OR "recreational
area") AND ("resilience" OR "sustainability" OR "robustness" OR "adaptability") AND
("evaluation" OR "assessment" OR "analysis" OR "measurement") AND ("methodology"
OR "approach" OR "technique" OR "framework"))

#	Fecha	Recurso	Expresión de búsqueda	Enlace	Cantidad de resultados
1	26-10-2025	Scopus	("resilient" OR "sustainable" OR "adaptive" OR "robust") AND ("urban park" OR "green space" OR "public space" OR "recreational area") AND ("extreme event" OR "natural disaster" OR "climate change" OR "hazard") AND ("urban response" OR "disaster management" OR "emergency planning" OR "crisis response") AND ("community resilience" OR "social cohesion" OR "public health" OR "environmental impact")	Clie	2
2	26-10-2025	Scopus	("park" OR "green space" OR "recreation area" OR "public space") AND ("characteristics" OR "features" OR "attributes" OR "qualities") AND ("extreme events" OR "natural disasters" OR "hazards" OR "catastrophes") AND ("mitigation" OR "reduction" OR "management" OR "response")	Clie	163
3	26-10-2025	Scopus	("environmental factors" OR "ecological" OR "natural elements" OR "green spaces") AND ("parks" OR "recreation" OR "public spaces" OR "urban green") AND ("urban resilience" OR "city resilience" OR "sustainability" OR "adaptation") AND ("biodiversity" OR "habitat" OR "ecosystem" OR "flora and fauna") AND ("climate change" OR "weather patterns" OR "environmental stressors" OR "natural disasters") AND ("community engagement" OR "social cohesion" OR "public participation" OR "stakeholder involvement")	Clie	9
4	26-10-2025	Scopus	("accessibility" OR "inclusivity" OR "barrier-free" OR "universal design") AND ("urban equipment" OR "park facilities" OR "public amenities" OR "infrastructure") AND ("disaster response" OR "emergency management" OR "crisis intervention" OR "disaster preparedness") AND ("parks" OR "green spaces" OR "recreational areas" OR "public parks")	Clie	2
5	26-10-2025	Scopus	("urban park" OR "green space" OR "public park" OR "recreational area") AND ("resilience" OR "sustainability" OR "robustness" OR "adaptability") AND ("evaluation" OR "assessment" OR "analysis" OR "measurement") AND ("methodology" OR "approach" OR "technique" OR "framework")	Clie	474
6	27-10-2025	Scopus	TITLE-ABS-KEY(("city park" OR "metropolitan park" OR "municipal park" OR "public space*" OR "public open space*" OR "urban park*" OR "urban	Clie	389

Cadena final

green space*" OR "urban forest*" OR "public park*" OR "disaster prevention park*" OR "landscape architecture") AND ("urban resilience" OR "resilient cit*" OR "climate resilience" OR "seismic resilience" OR "environmental resilience" OR "resilience of cit*" OR "sustainability" OR "urban sustainability" OR "adaptive capacity" OR "urban adapta*" OR "urban robustness") AND ("environmental criteria" OR "technical criteria" OR "environmental factor*" OR "ecological" OR "natural elements" OR "green infrastructure" OR "vegetation" OR "biodiversity" OR "drainage" OR "soil permeability" OR "habitat" OR "ecosystem*" OR "extreme event*" OR "natural disaster*" OR "hazard*" OR "climate change" OR "environmental stressor*") AND ("physical characteristics" OR "size" OR "location" OR "urban morphology" OR "spatial configuration" OR "features" OR "attributes" OR "accessibility" OR "redundancy" OR "multifunctionality" OR "distribution" OR "functional amenities" OR "urban transportation" OR "sanitation" OR "inclusivity" OR "barrier-free" OR "universal design" OR "urban equipment" OR "park facilities" OR "public amenities" OR "infrastructure") AND ("evaluation" OR "assessment" OR "analysis" OR "measurement" OR "methodology" OR "framework" OR "indicator*" OR "classification"))

Cadena de búsqueda final:

TITLE-ABS-KEY(("city park" OR "metropolitan park" OR "municipal park" OR "public space*" OR "public open space*" OR "urban park*" OR "urban green space*" OR "urban forest*" OR "public park*" OR "disaster prevention park*" OR "landscape architecture") AND ("urban resilience" OR "resilient cit*" OR "climate resilience" OR "seismic resilience" OR "environmental resilience" OR "resilience of cit*" OR "sustainability" OR "urban sustainability" OR "adaptive capacity" OR "urban adapta*" OR "urban robustness") AND ("environmental criteria" OR "technical criteria" OR "environmental factor*" OR "ecological" OR "natural elements" OR

"green infrastructure" OR "vegetation" OR "biodiversity" OR "drainage" OR "soil permeability" OR "habitat" OR "ecosystem*" OR "extreme event*" OR "natural disaster*" OR "hazard*" OR "climate change" OR "environmental stressor*") AND ("physical characteristics" OR "size" OR "location" OR "urban morphology" OR "spatial configuration" OR "features" OR "attributes" OR "accessibility" OR "redundancy" OR "multifunctionality" OR "distribution" OR "functional amenities" OR "urban transportation" OR "sanitation" OR "inclusivity" OR "barrier-free" OR "universal design" OR "urban equipment" OR "park facilities" OR "public amenities" OR "infrastructure") AND ("evaluation" OR "assessment" OR "analysis" OR "measurement" OR "methodology" OR "framework" OR "indicator*" OR "classification"))