

# Infraestructuras verdes vivas:

## características tipológicas, beneficios e implementación\*

Fecha de recepción: 12 de noviembre de 2016 | Fecha de aprobación: 10 de julio de 2018 | Fecha de publicación: 22 de abril de 2019

Laura Estefanía Quintero González

AHCTTUM Quintero-G Ingeniería SAS;  
Corporación Autónoma Regional de  
Boyacá, Colombia

ORCID: 0000-0002-5269-8629,  
redalyc.org/autor.oa?id=27719

lauraestefania.quintero@uptc.edu.co

Julián Rodrigo Quintero González

AHCTTUM Quintero-G Ingeniería SAS;  
Universidad Pedagógica y Tecnológica  
de Colombia, Colombia

ORCID: 0000-0001-5238-4067,  
redalyc.org/autor.oa?id=17610

julian.quintero@uptc.edu.co

**Resumen** Se presenta una aproximación conceptual del espacio público como componente que estructura la ciudad, así como de la naturaleza de las infraestructuras verdes vivas como parte de la arquitectura verde; sobre estas últimas se exponen características tipológicas, beneficios, desventajas, metodologías de implementación y experiencias de su aplicación en diversos contextos. El objetivo de este trabajo es detallar la importancia de las infraestructuras verdes vivas como parte del espacio público y su función como elemento organizador de las metrópolis. La metodología se orienta a la revisión de los trabajos de investigación más recientes que abordan la temática, desarrollados en el marco global, latinoamericano y colombiano; fueron obtenidos de la consulta de diversas publicaciones especializadas internacionales y revistas científicas regionales. Se concluye que las infraestructuras verdes son versátiles, propias de la arquitectura verde, con importantes beneficios urbanos y ambientales; su aplicación se soporta en metodologías sólidas para evaluar su implementación en proyectos arquitectónicos, de urbanismo y espacio público.

**Palabras clave** **arquitectura verde, espacio urbano, ganancias, infraestructura verde viva, metodologías de implementación, urbanismo y ambiente**

\* Artículo de investigación

Artículo producto del trabajo de investigación titulado "Formulación de alternativas para recuperación de espacio público mediante infraestructuras verdes en Tunja", para optar al título de ingeniera ambiental, de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, sede Tunja. Director del proyecto: ingeniero Julián Rodrigo Quintero González, docente e investigador de la Escuela de Ingeniería de Transporte y Vías, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, sede Tunja. El artículo también forma parte del trabajo investigativo independiente y de las actividades de consultoría desarrollados por la empresa AHCTTUM Quintero-G Ingeniería SAS (ahcttum.quinterog.ing@gmail.com), de la que los autores son parte y fundadores.

Cómo citar este artículo: Quintero González, L. E., y Quintero González, J. R. (2019). Infraestructuras verdes vivas: características tipológicas, beneficios e implementación. *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*, 12(23). <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cvu12-23.ivvc>

# Living Green Infrastructures:

## Typological Characteristics, Benefits and Implementation

**Abstract** This work provides a conceptual approach to the public space as a component structuring both the city, and to the nature of its living green infrastructure as a part of the green infrastructure. Regarding the latter, typological characteristics, benefits, disadvantages, implementation methodologies and application experiences in different contexts are outlined. This work aims to describe in detail the importance of the living green infrastructures as a part of the public space and its functions as an element organizing the metropolis. The methodology is developed as a review of the most recent research works addressing this theme, which were conducted under the global, Latin-American and Colombian frameworks. These research works were retrieved by searching among different international publications and some regional scientific journals. It is concluded that the green infrastructures are adaptable and are also typical to the green architecture with significant urban and environmental benefits. Their application is supported on strong methodologies enabling to evaluate the implementation in architectonic, urban development and public space projects

**Keywords** green infrastructure, urban space, profits, living green infrastructure, implementation methodologies, urbanism and environment

# Infraestruturas verdes vivas:

## características tipológicas, benefícios e implementação

**Resumo** Apresenta-se aproximação conceitual do espaço público como componente que estrutura a cidade, bem como da natureza das infraestruturas verdes vivas como parte da arquitetura verde. Sobre aquelas são expostas características tipológicas, benefícios, desvantagens, metodologias de implementação e experiências da sua aplicação em diversos contextos. Este trabalho objetiva detalhar a importância das infraestruturas verdes vivas como parte do espaço público e sua função como elemento organizador das metrópoles. A metodologia é orientada à revisão dos trabalhos de pesquisa mais recentes abordando o assunto, desenvolvidos no âmbito global, latino-americano e colombiano; foram obtidos da consulta de diversas publicações especializadas internacionais e revistas científicas regionais. Conclui-se que as infraestruturas verdes são versáteis, próprias da arquitetura verde, com importantes benefícios urbanos e ambientais; sua aplicação é apoiada em metodologias sólidas para avaliar sua implementação em projetos arquitetônicos, de urbanismo e espaço público.

**Palavras chave** arquitetura verde, espaço urbano, ganho, infraestrutura verde viva, metodologias de implementação, planejamento urbano e ambiente

## Introducción

La explosión demográfica global actual ha traído el crecimiento desmedido de las ciudades y la demanda de construcción urbana, a la vez que las áreas urbanas se expanden e invaden zonas de importancia ambiental. Con la construcción de infraestructuras y el aumento del parque automotor se contamina la atmósfera y se reduce la posibilidad de tener grandes espacios públicos saludables, lo que propicia un entorno agreste por la presencia de contaminantes —gases, material particulado y ruido— que deterioran la salud humana. Lo anterior cobra trascendencia al considerar, como lo explican Shaheen y Lipman (2007), que las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI) siguen en aumento, por lo cual se espera que el uso de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub> en los países desarrollados aumente aproximadamente un 50 % entre los años 2000 y 2030 y que las emisiones en los países en desarrollo aumenten aún más rápido; por ejemplo, en China e Indonesia, en más del doble entre 2000 y 2020.

Estudios recientes ratifican que el crecimiento de la población y el incremento económico son los principales impulsores de un mayor consumo de energía y una de las causas de las emisiones de CO<sub>2</sub> (Saidi y Hammami, 2015).

Por otra parte, el ruido del tráfico, analizado en detalle durante décadas y considerado como la forma de contaminación más barata, origina enfermedades degenerativas como trastornos auditivos (Flores, Téllez y Torras, 2001; 2002), pérdida de la audición, hipoacusia (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios

Ambientales [Ideam], 2006), dificultad en la comunicación oral, estrés inducido por el tráfico (Berglund, Hassmén y Job, 1996; Berglund y Nilsson, 1997; Berglund, 1998; Berglund, Lindvall, Schwela y Organización Mundial de la Salud, 1999), perturbación del sueño, enfermedades cardiovasculares (Babisch, 1998a; Babisch, 1998b; Babisch, Ising, Gallacher, Sweetnam y Elwood, 1999; Babisch, Beule, Schust, Kersten e Ising, 2005; Babisch, 2006), efectos en el sistema inmune, en el embarazo, en la salud mental y el comportamiento (Berry, 2008; Havard, Reich, Bean y Chaix, 2011; Quintero, 2013). Resulta pertinente atender a lo expuesto por Alcântara (2010), quien cita a Owens (1996) para sintetizar el principal problema en las urbes:

Las personas quieren vivir en áreas residenciales atractivas y, al mismo tiempo, tener acceso a trabajo, a servicios, a áreas verdes [...]. Estas posibilidades son negadas a aquellos sin acceso a automóvil [...] porque, aunque los automovilistas realicen viajes cortos [...] el dominio del tránsito representa su expropiación de espacios que antes eran agradables para andar a pie o en bicicleta y hoy son una actividad desagradable y ¿por qué no decirlo? Amenazadora. (p. 105)

Una de las estrategias empleadas para controlar el crecimiento de las áreas urbanas en ciudades grandes e intermedias ha sido su densificación; no obstante, esta medida ha ocasionado la reducción de la disponibilidad de espacio público para los ciudadanos. La carencia de espacio público suficiente acarrea dificultades y problemas sociales como relaciones dispersas en las personas sujetas a una vida en las grandes ciudades, derivadas de un modelo desigual en cuanto a la accesibilidad

al medio físico y espacio público (Lange, 2011); también puede provocar condiciones microclimáticas desfavorables en los espacios urbanos, en particular el incremento de la temperatura en el ambiente, comparada con sus entornos rurales (islas de calor); este evento causa que los consumos de electricidad por uso de sistemas de enfriamiento sean mayores, sobre todo en tiempos de verano (Tumini, 2010); además, hay un detrimento en el patrimonio arquitectónico y paisajístico, entre otros problemas.

Para enfrentar el problema de ausencia de espacio público suficiente y adecuado, la arquitectura contemporánea se ha fijado como objetivo principal desarrollar la hoy llamada ecoarquitectura o construcción verde, como un modelo conveniente para la ejecución de las actividades cotidianas de los individuos en las ciudades, la cual se fundamenta en el diseño y la implementación de edificaciones y espacios verdes (Mahdavinejad, Zia, Norouzi, Setareh y Elmi, 2014). Entre esos espacios se destacan las estructuras verdes, que se muestran como una solución conveniente aplicable, puesto que pueden servir para la reconstrucción o el ajuste de las infraestructuras existentes o previstas que mitiguen los efectos de barrera y los corredores ecológicos, que proporcionan áreas de recreación locales y rutas verdes que fomentan el viaje a pie y en bicicleta (Lucius et al., 2011). En concordancia con esto, la Ecotowns Worksheet apunta: “Infraestructura Verde se refiere a una red de espacios verdes y otras características ambientales vitales para la sostenibilidad de cualquier zona urbana estratégicamente planificada y gestionada” (Natural England, 2009, p. 7).

Con base en lo anterior, se desarrolla una investigación que destaca la importancia de las infraestructuras verdes vivas como parte de la solución a los problemas ya mencionados, en un marco de valoración del espacio público como componente que estructura la ciudad y como elemento

con valor paisajístico, arquitectónico y cultural; así pues, a lo largo de este documento, se expone un abordaje conceptual sobre la estrecha relación entre el espacio público y la ciudad y sobre el modo en el que un tercer elemento —la infraestructura verde viva— potencia dicha relación con destacables beneficios ambientales y sociales.

## El espacio público: componente que estructura la ciudad

Borja y Muxí (2000) definen el espacio público como el escenario principal del urbanismo, de la cultura urbana y la ciudadanía, reflejado en la conformación de calles, plazas, parques y, en general, espacios de encuentro ciudadano que son el resultado de la materialización de las relaciones entre habitantes y entre el Estado y la ciudadanía. El conjunto de tales elementos de uso colectivo (calles, plazas, estaciones de tren y autobuses, áreas comerciales, etc.), permite el paseo y el encuentro, da estructura y orden a la ciudad y es la expresión colectiva de la diversidad social y cultural.

Borja y Muxí aclaran que el espacio público no es el espacio que sobra entre calles y edificios, un espacio vacío que jurídicamente ha sido definido como público ni un lugar especializado a donde ir, como un museo; los lugares mencionados son potenciales de ser espacio público, pero deben contar con monumentalidad que aporte visibilidad e identidad colectiva, estar interconectados, poseer belleza y estética, facilitar la movilidad y accesibilidad, propender por la calidad del ambiente urbano y proteger el patrimonio histórico-cultural; de este modo podrían constituir una afianzada red de espacio público urbano.

Pinzón, Torres y Colonia (2008b) definen dicho espacio como un sistema en el que áreas verdes, corredores hídricos, parques, plazas, plazoletas y zonas verdes forman parte de una estructura

interconectada, que permite su uso y disfrute de forma continua y articulada en toda la ciudad.

Dados los anteriores conceptos, puede afirmarse que la infraestructura verde es un factor importante de la estructura de espacio público de una ciudad y que:

[...] se entiende como un sistema de gestión de espacios abiertos integral que puede contener tanto elementos urbanos como elementos para conectar los espacios verdes de las ciudades con las de su entorno rural; todos ellos deben formar una red continua en el territorio, y en consecuencia se fijan una serie de directrices y criterios para la planificación y gestión de los espacios. (Cantó, 2014, p. 15)

## Aproximaciones a la arquitectura e infraestructura verdes

El concepto de sostenibilidad ha permeado la teoría y la práctica de otras áreas como la arquitectura verde, también llamada ecodiseño, ecoarquitectura, arquitectura del ambiente o arquitectura natural (US Green Building Council, 2002, citado en Ragheb, El-Shimy y Ragheb, 2016). Este nuevo concepto se trata del diseño y de la construcción de edificios y estructuras arquitectónicas basados en los principios ecológicos de minimizar la cantidad de recursos consumidos en el proceso de construcción, limitar el daño causado al ambiente por emisiones y residuos de los componentes de la edificación y contribuir al mejoramiento del ambiente social y ecológico de la zona en donde se instala un edificio o una estructura verde (figura 1). En general, la arquitectura verde comprende estructuras y edificaciones que minimizan efectos nocivos en la salud humana y el ambiente, porque salvaguardan los recursos aire, agua y suelo (Roy, 2008; citado en Ragheb et al., 2016).

Por su parte, la Comisión Europea (European Environment Agency, 2011) hace referencia a

“infraestructura verde” como un concepto que aborda la conectividad de los ecosistemas, su protección y la prestación de servicios ecosistémicos; tiene en cuenta la mitigación y adaptación al cambio climático. La infraestructura verde promueve la planificación espacial integrada mediante la identificación de zonas multifuncionales y la vinculación y conectividad de las áreas urbanas y periurbanas. Su objetivo final es contribuir al desarrollo de una economía más verde y más sostenible por medio de la inversión en perspectivas basadas en los múltiples beneficios de los ecosistemas, soluciones técnicas y mitigación de los efectos adversos del transporte y la infraestructura energética.

En principio, la infraestructura verde fue identificada con zonas verdes, bosques, humedales o cauces de alivio en los alrededores de las ciudades, que proporcionaba una mejor calidad de vida o servicios ecosistémicos —filtración de agua y control de inundaciones—. Ahora se relaciona con los objetivos ambientales o de sostenibilidad que las ciudades tratan de lograr mediante una combinación de enfoques naturales; sus tendencias, prácticas y tecnologías incluyen techos verdes, superficies duras y blandas permeables, callejones y calles verdes, silvicultura urbana, espacios verdes como parques y humedales y adaptación de los edificios para hacer frente a las inundaciones y tormentas costeras.

Los enfoques de la infraestructura verde pueden aplicarse en edificios, lotes, barrios, comunidades, ciudades enteras e inclusive en regiones metropolitanas; de acuerdo con la magnitud de la implementación se puede atribuir una escala macro —proyectos grandes y centralizados de índole pública— o micro —aplicaciones pequeñas y descentralizadas en la propiedad privada— (figura 2) (Foster, Lowe y Winkelmann, 2011).



Figura 1. Estructura de arquitectura verde, carrera 7, centro de Bogotá, DC, Colombia

Fuente: archivo personal de los autores



Figura 2. Infraestructura de arquitectura verde, Universidad Externado de Colombia, Bogotá, DC

Fuente: archivo personal de los autores

## Infraestructuras de arquitectura viva urbana

Las infraestructuras verdes vivas son un sistema o una red con una clasificación según su organización y distribución dentro de un tejido de espacios urbanos; asimismo, pueden entenderse como estructuras individuales que se tipifican de acuerdo con sus especificaciones técnicas (Fadigas, 2009).

En el enfoque de arquitectura viva, por el tipo de estructuras arquitectónicas o naturales que han sido intervenidas, se hace la siguiente clasificación:

—Techos verdes. Estructura producto de la instalación de vegetación en techos y terrazas de edificaciones (figura 3), espacios que suelen ser inutilizados (Vandermeulen, 2011, citado en Ragheb et al., 2016). Existen dos tipos de techo verde: i) los intensivos, son los de mayor grosor (profundidad mínima de 12,8 cm), puesto que

soportan vegetación más robusta, y ii) los extensivos, que soportan vegetación más ligera y son más delgados (2 a 12,7 cm).

—Muros verdes. También conocidos como ajardinamiento vertical. Son plantaciones y desarrollos de especies vegetales con algún objetivo como ornamentación, aumento de biodiversidad, producción de alimentos o aislamiento térmico y sonoro, entre otros (Fernández-Cañero, Pérez, Quevedo, Pérez y Franco, 2008). El ajardinamiento vertical tiene la siguiente clasificación: i) de fachadas (figura 3), concebido como el recubrimiento de superficies verticales, en especial con plantas trepadoras; aunque también es posible hacerlo con otras especies, el crecimiento vertical se verá un poco limitado; ii) muros vegetales, que son cultivos hidropónicos verticales que brindan ligereza y menor peso por metro cuadrado de muro; iii) los biowalls, que son jardines verticales dentro de los edificios para ser conectados al sistema de ventilación de



Figura 3. Infraestructura verde viva (techos y muros) en edificio Santalaia, Bogotá, DC

Fuente: Gerald (2017)

la edificación, con el objetivo de que las plantas sean un sistema adicional de purificación del aire, y iv) los sistemas de paneles modulares.

—Parques longitudinales. Son espacios abiertos a lo largo de corredores naturales como litorales, riveras de ríos y canales, valles, montañas y servidumbres de trenes abandonadas (figura 4). En los escenarios urbanos se utilizan separadores y aceras de corredores viales, para abrir espacios destinados a conservación, recreación y disfrute de los recursos naturales y escénicos (Redondo, 2014).

—Bioswales o canales de filtración biológica. Son canales de drenaje con vegetación y una manera de biorretención que trata parcialmente la calidad del agua y atenúa el potencial de inundaciones, al transportar el agua lluvia lejos de la infraestructura de alcantarillado (Clark y Acomb, 2008). Estos sistemas de conducción de escorrentía de aguas pluviales proporcionan una ayuda a las alcantarillas, porque absorben caudales bajos o filtran los flujos de fuertes lluvias y tormentas; gran parte del valor de los bioswales proviene de la infiltración y del filtrado de casi la totalidad de estas aguas (Natural Resources Conservation Service, 2005).

## Beneficios y desventajas de la arquitectura viva urbana

El motivo por el cual la implementación de la arquitectura viva urbana ha aumentado en las últimas décadas es el sinnúmero de beneficios ambientales y sociales, entre ellos:

— Confort térmico. Debido a la pérdida de vegetación en las zonas urbanas, los niveles de evapotranspiración disminuyen y aumenta el fenómeno de isla de calor; esto causa que los pueblos y las ciudades sean uno o dos grados más calientes que la zona rural que los rodea. La implementación de infraestructura verde en las zonas urbanas es

parte de la solución a los efectos de dicho calentamiento; por ejemplo, un estudio adelantado en Gran Manchester sugirió que el aumento de la infraestructura verde existente en un 10 % en áreas con poca o ninguna cubierta vegetal, provocaría un enfriamiento de la temperatura superficial de hasta 2,5 °C (Gill, Handley, Ennos y Pauleit, 2007, citados en Forest Research, 2010a).

—Normalización del ciclo hidrológico. La construcción de urbanizaciones con materiales impermeables disminuye la infiltración y aumenta la velocidad del flujo de escorrentía, lo que aumenta el riesgo de inundación. Las infraestructuras son un medio para restaurar procesos ambientales como el ciclo hidrológico dentro de las áreas urbanas. Entre los beneficios hidrológicos que proporcionan las estructuras verdes urbanas están la mitigación de inundaciones y la mejora y la protección de la calidad del agua; por ejemplo, los suelos forestales y de bosques reducen el flujo superficial mediante la infiltración y el almacenamiento de aguas lluvias, similar a un efecto “esponja” (Forest Research, 2010a).

—Aumento en la superficie y área de hábitats. La relación especies-área es un principio central de la ecología, según el cual a medida que aumenta la disponibilidad de área para los individuos, se incrementa el tamaño de la población y la riqueza de las especies. Este principio funciona casi tan bien para los parques urbanos y las zonas verdes aisladas (Colding, 2007, citado en Forest Research, 2010a). Las estructuras verdes urbanas colaboran con el aumento de poblaciones y de variedad de especies, puesto que tienden a aportar una mayor diversidad de hábitats y microhábitats, como un tronco caído en una zona boscosa.

—Aumento de la calidad y la estética del ambiente. El aspecto visual y el atractivo de las ciudades se han encontrado fuertemente ligados a la presencia de espacios verdes (Tibbatts, 2002,



Figura 4. a. Parque lineal La Presidenta, Medellín, Colombia. b. Parque lineal La Esperanza Plaza Real, Tunja, Colombia  
Fuente: a. PlacesMap.net. (s. f.). b. Chibcha (2009)

citado en Forest Research, 2010b). Esto se relaciona con que los dos componentes principales de la calidad ambiental son la calidad física y la calidad de percepción (Khattab, 1993, citado en Forest Research, 2010b) y abarca elementos como la contaminación y la limpieza del ambiente, la calidad visual y la seguridad personal, aspectos que las infraestructuras verdes pueden mejorar.

—Limpieza del aire. De acuerdo con Baker y Brooks (1989, citados en Redondo, 2014), las plantas absorben gases contaminantes por medio de sus estomas e interceptan el material particulado con sus hojas. Según Johnson (1996, citado en Redondo, 2014), se estima que 2000 m<sup>2</sup> de hierba sin cortar en un techo verde puede eliminar hasta 4000 kg de material particulado. No está de más mencionar que las plantas, en el proceso de fotosíntesis, producen oxígeno y consumen dióxido de carbono, evento que ayuda a mejorar la calidad del aire (Minke, 2009). El cúmulo de todas estas remociones de contaminantes del aire conlleva otros beneficios de tipo social; por ejemplo, en Filadelfia, los beneficios promedio de la mejora de la calidad del aire por presencia de árboles crecidos fueron evitar entre una y dos muertes prematuras, hasta veinte ataques de asma y hasta 1,5 millones de libras de emisiones de dióxido de carbono, que equivalen a la eliminación de cerca de 3400 vehículos de las carreteras cada año (Philadelphia Water Department, 2011).

—Aislación acústica. Las plantas reducen el ruido mediante la reflexión y deflexión de las ondas sonoras y la transformación de la energía sonora en energía de movimiento y calorífica. Algunas investigaciones lo demuestran; por ejemplo, en un hospital en Karlsruhe (Alemania) se evidenció que en las fachadas ubicadas en las inmediaciones de los techos ajardinados se producía el fenómeno de absorción, pues las mediciones mostraron que el ruido del tránsito

disminuía entre 2 y 3 dB (Mürb, 1981, citado en Minke, 2009).

—Ahorro de energía. Debido al efecto de isla de calor, el consumo de energía eléctrica en mecanismos que refrigeren los interiores de los edificios es elevado. Este efecto se puede prevenir si se hacen grandes plantaciones en las áreas urbanas; por ejemplo, McPherson, Nowak y Rowntree (1994, citados en Sorensen, Barzetti, Keipi y Williams, 1998) afirman que en Chicago, al incrementar un 10 % del arbolado, se redujo el consumo de energía para calefacción y refrigeración entre un 5 y un 10 %.

—Salud mental. Los espacios verdes tienen efectos reductores del estrés, lo que desempeña un papel importante en el tratamiento de problemas de salud mental prevalentes en la población urbana. Por ejemplo, la teoría de la restauración de la atención (Kaplan, 1985; 1995; Kaplan y Kaplan, 1989, citado en Forest Research, 2010a) sugiere que los ambientes naturales ofrecen oportunidades de restauración psicológica gracias a la combinación de aspectos como estar lejos de la rutina diaria y los estímulos estéticamente agradables, que promueven una suave fascinación y un alto grado de compatibilidad entre el ambiente y sus efectos en la persona.

—Interacción social. Las posibilidades de salud física y mental que proporcionan los espacios verdes han demostrado tener no solo efectos individuales, sino también beneficios sociales, puesto que aumentan la actividad social, mejoran la cohesión de la comunidad, desarrollan la unión y reducen la delincuencia (Bell et al., 2008; Weldon, Bailey y O'Brien, 2007, citados en Forest Research, 2010b). Esto se debe a que la disponibilidad local de espacios verdes y naturales anima a la gente a utilizar con más frecuencia estos espacios exteriores que promueven las interacciones sociales positivas.

—Servicios culturales. Son beneficios no materiales que las personas obtienen de los ecosistemas, como las experiencias espirituales, recreativas y estéticas (Bertule, Lloyd, Korsgaard, Dalton, Welling, Barchiesi, Smith, Opperman, Gray, Gartner, Mulligan, y Cole, 2014, p. 10).

—Ahorro con infraestructura verde en las obras públicas. Con la implementación de estructuras de arquitectura verde en obras públicas se disminuyen costos en la adquisición de tierras o servidumbres requeridas, puesto que existen muchos espacios de propiedad municipal como corredores de transporte, aceras, calles, rotondas y zonas de aparcamiento, entre otras, en las que fácilmente se pueden ejecutar proyectos de este tipo. También se ahorra en servicios de mantenimiento, ya que el municipio lo hace periódicamente en las zonas de su propiedad y es similar al requerido por la infraestructura verde (US Environmental Protection Agency [EPA], 2015).

Por otra parte, la implementación de las infraestructuras verdes urbanas puede acarrear efectos negativos sobre una comunidad o el ambiente si no se hace un correcto manejo, mantenimiento y seguimiento. Algunas de estas desventajas son:

—Riesgo de propagación de especies invasoras no nativas. Las infraestructuras verdes urbanas también pueden ser particularmente propensas a la invasión de plantas competitivas que pueden ser una amenaza para las plantas nativas o reducir la biodiversidad florística de un área determinada, aunque las malas hierbas nativas también pueden llegar a ser una amenaza si no se controlan a tiempo. Sin embargo, existen casos en los que no fue mal vista la propagación de una planta no nativa, como el crecimiento y desarrollo de la *Buddleia davidii* o arbusto de las mariposas, que

beneficia a once especies de orugas de lepidópteros que se alimentan de sus hojas o flores (Owen y Whiteway, 1980, citados en Forest Research, 2010a).

—Aumento de vida silvestre. El aumento de infraestructura verde urbana puede traer consigo la incursión de vida silvestre que, según Baker y Harris (2007, citados en Forest Research, 2010a), puede conllevar problemas como transmisión de enfermedades, daño a estructuras urbanas, daño a cultivos de alimentos y vegetación ornamental, ataques a seres humanos o animales domésticos, colisión de vehículos, presencia de excrementos y el desparpajo de basuras.

## Criterios de implementación y experiencias

El rápido crecimiento y la densificación de las ciudades del mundo han tenido algunos efectos negativos dentro de las mismas urbes, algunos de tipo ambiental (generación de islas de calor y disminución de la calidad del aire) y otros de tipo social (limitación del acceso a suficientes áreas verdes y de esparcimiento).

Grandes ciudades y centros urbanos, en distintos países, han hecho frente a estas problemáticas con el uso de arquitectura viva. En principio, para avanzar en la gestión, el diseño y la implementación de una infraestructura verde es importante identificar sitios existentes y potenciales que puedan formar parte de una red; para tal fin, la Comisión Europea ha elaborado una clasificación tipológica de los lugares genéricos que pueden conformar una infraestructura verde (tabla 1); además, propuso una lista de funciones que tal infraestructura puede tener (tabla 2) (Centro de Estudios Ambientales [CEA], 2012).

Tabla 1. Tipologías de lugares potencialmente propicios para disposición de infraestructuras verdes

Espacios naturales	Infraestructura verde urbana
Bosques	Arbolado urbano
Prados y eriales	Parques y zonas verdes públicas
Zonas húmedas	Zonas verdes privadas y patios interiores
Conectores fluviales: ríos y arroyos (red hidrológica)	Zonas verdes deportivas
Setos y riberas	Estanques y balsas de inundación
Espacios seminaturales y artificiales	Ríos, arroyos y sistemas de drenaje urbanos
Zonas agrícolas/cultivos	Jardines y huertos comunitarios
Vías verdes, ecoductos y ecopuentes	Cementerios
Parques periurbanos	Cubiertas, muros y fachadas verdes
<b>Otros espacios potenciales</b>	
Infraestructura de transporte público	
Paseos peatonales y para ciclistas	
Plazas y zonas públicas abiertas	
Edificios “verdes”	

Fuente: Quintero (2016, p. 36)

Tabla 2. Funciones y servicios

Adaptación al cambio climático	Mejora de la calidad ambiental
Prevención de inundaciones, regulación de escorrentías	Mejora de la calidad del aire
Reducción de riesgos derivados de las inundaciones, regulación de avenidas	Mejora de la calidad del agua (purificación)
Incremento de la recarga de agua de los acuíferos	Reducción de los niveles de ruido
Regulación térmica y disminución de las islas urbanas de calor	Mejora y mantenimiento de los valores del suelo agrícola (aumento de la fertilidad)
Mejora la permeabilidad ecológica (movimiento y refugio de especies) ante condiciones climáticas extremas mediante la creación de redes ecológicas	Control de la erosión del suelo
Mitigación del cambio climático	Mejora de la salud y bienestar
Incremento de secuestro de carbono (efecto sumidero)	Mejora de los valores estéticos
Reducción de emisiones de carbono provenientes de vehículos motorizados por incremento de las infraestructuras de transporte público y movilidad sostenible (paseos, bicarriles, etc.).	Incremento de recursos para la práctica del deporte y del ocio
Generación de fuentes de energía renovable (edificios “verdes”)	Incremento de recursos para la contemplación y el bienestar espiritual
Reducción del consumo de energía por la atemperación climática por parte del arbolado, fachadas verdes, edificación bioclimática	Generación de recursos para la formación y la educación
Mejora de la biodiversidad	Generación de recursos comunitarios (implicación de la ciudadanía)
Mantenimiento, protección y mejora de hábitats naturales, vida silvestre y biodiversidad	Incremento del sentimiento de pertenencia e identidad
Incremento de la biocapacidad	Agricultura urbana y producción de alimentos de proximidad

Fuente: Quintero (2016, p. 37)

Con la finalidad de evaluar la contribución de cada lugar a las funciones listadas, el CEA construyó una matriz genérica (figura 5) para identificar los beneficios de intervenciones planteadas para un lugar específico y así facilitar la toma de decisiones en la implementación de alternativas de infraestructura verde.

Según la Comisión Europea (2014), uno de los modos más eficaces para la construcción de infraestructuras verdes es la ordenación territorial, puesto que posibilita investigar la interacción entre usos del suelo a lo largo de una zona geográfica y contribuye a encontrar los mejores lugares para la ubicación de los proyectos, alejar las obras de infraestructura de zonas naturales especialmente sensibles e identificar zonas multifuncionales que dan prioridad a los usos de suelos compatibles que refuerzan los ecosistemas sanos.

En 2014, en Nueva York, se hizo una serie de arreglos de arquitectura verde viva en varios puntos de la ciudad para cumplir con los objetivos de 2030 Order (NYC Environmental Protection, 2014). El Departamento de Protección Ambiental de la ciudad de Nueva York (DEP) identificó áreas prioritarias con base en criterios como el volumen y la frecuencia de desbordamiento de alcantarillas combinadas y la presencia de desagües en las proximidades de los lugares de acceso público existentes y futuros y, de esta manera, asegurar la suficiente implementación de infraestructura verde con eficiencia en el diseño y la construcción.

Luego de establecer las zonas prioritarias, el DEP consideró aquellas que fueran viables e inviables por condiciones de campo tales como las condiciones de la calle (árboles existentes, mobiliario urbano, accesos residenciales, paradas de autobús, entradas

	Bosques	Prados y enlales	Zonas húmedas	Conectores fluviales, ríos y arroyos	Setos y riberas	Zonas agrícolas	Vías verdes, ecoductos y ecopuentes	Parques periurbanos	Arbolado urbano	Parques y zonas verdes públicas	Zonas verdes privadas y patios interiores	Zonas verdes deportivas	Estanques y balsas de inundación	Ríos, arroyos y sistemas de drenaje urbanos	Jardines y huertos comunitarios	Cementerios	Cubiertas, muros y fachadas verdes	Infraestructura de transporte público	Paseos peatonales y ciclistas	Plazas y zonas públicas abiertas	Edificios verdes
1	**	*	**	**	**	*		*	*	*	*	*	**	**	*						
2																					
3	**	*	**	**	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*						
4	*				*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
5			**	**	**		*		*					*							
6	**	*	*	*	**	*	*	**	**	*	*	*			*	*					
7							*										**	**			
8																					**
9								*	*	*	*	*				*					
10	**	**	**	**	**	*	*	**	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*
11	**	**	**	**	**	**	*	**	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*
12	**	*	*	*	*	*	*	**	**	**	**	*		*	**	*	*	*	*	*	*
13	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	**	*	*	*	*	*	*	*	*
14	**	*	*	*	*	*	*	**	**	**	*	*		*	**	*	*	*	*	*	*
15	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*
16	**	*	*	*	**	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*
17	**	*	**	**	**	*	*	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
18	*						**	**	**	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
19	**		*	**	*	*	*	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
20	**	*	**	**	**	*	*	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
21	*						**	**	**	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
22	**	**	**	**	**	**	**	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	**
23						**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Figura 5. Matriz genérica de contribución a la función  
 Fuente: tomado de Centro de Estudios Ambientales [CEA] (2012, p. 7)

de negocios, zonas de carga, líneas subterráneas de tránsito); las condiciones del subsuelo (lecho de roca subterránea, suelos ricos en arcilla y contaminación existente limitan las opciones para ubicar infraestructura verde) y posibles conflictos con servicios públicos (instalaciones subterráneas pueden interferir con la localización de la infraestructura verde). Los resultados de la evaluación de los criterios mencionados mostraron 866 sitios aptos para construcción y 835 ubicaciones no factibles; a finales de 2015, el DEP se enfocó en la construcción de bioswales (canales de filtración biológica) en andenes, con diseños y procedimientos estandarizados para facilitar su aplicación sistemática.

En América Latina, Cantón, De Rosa y Kasperidus (2003) analizaron la sustentabilidad del bosque urbano en el área metropolitana de la ciudad de Mendoza (Argentina). Los autores examinaron la condición actual de las arboledas mediante la definición de indicadores y la evaluación comparativa con otros autores; los resultados obtenidos indicaron predominancia de tres tipos arbóreos, un alto índice de población madura y poca renovación de ejemplares, lo que con el tiempo implicará una condición de vitalidad moderada y pobre.

En México se implementó la infraestructura verde como una estrategia para crear corredores ecológicos de los pedregales en el sur de la ciudad de México y generar conectividad en la red de espacios públicos (Suárez, Camarena, Herrera y Lot, 2011). Mediante un modelo geodemográfico se recopiló información para determinar los radios de influencia, la accesibilidad, las barreras entre las zonas habitacionales y los espacios abiertos, los ecosistemas de pedregal, las áreas verdes disponibles y otros espacios que pudieran añadir características favorables al ecosistema; se describieron el clima, el suelo, la fauna, la flora, la demografía y la densidad poblacional de los pedregales, para entender el tipo de ecosistema

e infraestructura verde que deseaban interconectar. Se identificaron los componentes clave del sistema de espacio público urbano: los nodos, espacios en los que confluyen elementos de la naturaleza y la actividad humana; las ligas, reflejadas en franjas vegetadas, parques lineales, calles, corredores peatonales y viales; las redes, definidas como el conjunto de ligas y nodos.

En Colombia, Vélez (2007) reflexiona acerca del paisaje urbano y toma como referente a la ciudad de Medellín, su potencial paisajístico y ecológico por su relieve, los lotes sin urbanizar y la arborización de sus calles. El autor encuentra que Medellín es una ciudad verde a la vista de sus habitantes y visitantes, a pesar de la paulatina pérdida de espacios verdes; no obstante, rescata la importancia que tiene la arborización desde el punto social y ambiental en la ciudad. El trabajo discute la “artificialización” de andenes y avenidas arborizadas, lo que sugiere el papel complementario que debe cumplir la vegetación con corredores de conexión ecológica. En Palmira (Colombia), Pinzón, Torres y Colonia (2008a) elaboraron el Estatuto del espacio público para esta ciudad, el cual inició con la identificación de las costumbres y los elementos naturales y artificiales —lugares, edificaciones y objetos— propios del municipio. Las costumbres y los objetos identificados fueron evaluados con los siguientes criterios: el reconocimiento por parte de la comunidad, el atractivo que representa para la comunidad, la permanencia, el sentido de pertenencia que ha generado y puede generar a futuro y la facilidad que tiene para ser involucrado como parte del espacio público; los elementos artificiales identificados fueron evaluados con los siguientes criterios: el significado que posee la edificación o el lugar para la comunidad —valor patrimonial cultural, histórico, arquitectónico y urbano—, la localización estratégica que permita su fácil recordación, la accesibilidad y la visibilidad y el servicio que presta a la comunidad.

Luego de la evaluación, los autores seleccionaron aquellas costumbres (actividades deportivas y culturales de Palmira), objetos (monumentos), edificaciones (Alcaldía y edificios de valor patrimonial) y lugares (parques, plazas, ríos) que obtuvieron una calificación media y alta. Fueron clasificados en tres categorías: 1) costumbres, objetos, edificaciones y lugares localizados como parte de la estructura de los ejes de movilidad definidos en el sistema de espacio público; 2) costumbres, objetos, edificaciones y lugares localizados a poca distancia unos de otros que conforman grupos y conjuntos urbanos de gran interés, y 3) costumbres, objetos, edificaciones y lugares aislados considerados como predios o elementos individuales de gran interés.

Con base en la evaluación se formularon algunas recomendaciones para cada uno de los lugares y edificaciones evaluados y clasificados, entre las cuales estaban el mejoramiento de áreas deportivas, la incorporación de zonas verdes con vegetación arbustiva y de sombra, la definición de zonas culturales, la reubicación de zonas de parqueo para dar prioridad al peatón, la semipeatonalización y peatonalización de calles, el fortalecimiento de zanjones como corredores ecológicos, la adecuación de portales de entrada y salida de la ciudad de Palmira con vegetación característica, la construcción de ciclovías, la ampliación de andenes y la creación de plazoletas y jardines, entre otras.

En Bogotá, Gómez y Moyano (2014) analizaron el eje ambiental entre las carreras Décima y Tercera y el parque de los Periodistas, con el objetivo de saber si estos son buenos espacios públicos. Los autores tomaron como referente la definición de “un buen espacio público” de Mehta (2013, citado en Gómez y Moyano, 2014, p. 70), en la que se hace referencia a cuatro elementos: la propiedad, la accesibilidad, el control y el uso. En cuanto a la propiedad, a ambos lugares se les ha dado la connotación de uso público, es decir, las personas pueden usarlos libremente

para el desarrollo de actividades sin ningún tipo de restricción; sin embargo, en el parque de los Periodistas existe seguridad privada dispuesta allí por las universidades y en el eje ambiental existen porciones de espacio que se han convertido en zonas de uso casi exclusivo para actividades comerciales y económicas de vendedores informales y de esmeraldas.

Respecto a la accesibilidad, no existen barreras u obstáculos físicos que impidan el ingreso a estos dos lugares; no obstante, circunstancias de la zona como la inseguridad, las ventas callejeras y el consumo de sustancias psicoactivas lo limitan. Gómez y Moyano (2014) citan que “un buen espacio público es accesible y abierto, es significativo en su diseño y en las actividades que soporta, provee la sensación de seguridad (Metha, 2014)” (p. 57) y afirman que el parque de los Periodistas y el eje ambiental son accesibles y espacios abiertos, pero a causa de las barreras sociales no ofrecen un ambiente de seguridad y confort.

Los autores también señalan el papel que desempeña el transporte público en la percepción del espacio público; para el caso, la vía del TransMilenio pasa por el eje ambiental y el parque de los Periodistas, lo que convierte a estos dos sitios en puntos de paso o medios para llegar a un destino final y no en puntos de permanencia; sumado a esto, el diseño de la vía de TransMilenio afecta la sensación de seguridad de los transeúntes, puesto que se encuentra al mismo nivel que el paso peatonal y los bolardos son la única barrera física que aísla el sistema de transporte. Por otra parte, el uso del eje ambiental en su mayoría es comercial y el parque se emplea principalmente para ocio y actividades culturales, ambos escenarios condicionados por la carencia de mobiliario urbano. En concordancia con los usos, la apropiación del corredor ambiental obedece a actividades comerciales que llegan a acaparar parte del espacio, mientras en el parque, aunque existan grupos culturales que ocupan frecuentemente

el lugar, se puede acceder a él sin sentir que se invade un sector inadecuado.

Por último, Gómez y Moyano evaluaron las cualidades de estos dos espacios públicos y calificaron positiva (“positivo”, “sí”, “+”) o negativamente (“negativo”, “no”, “-”) un listado de aspectos agrupados en las categorías de inclusión (edades, géneros, clases, razas, accesibilidad, exclusión, etc.), actividades significativas (presencia de reuniones, espacio flexible, comida, variedad de negocios, utilidad del espacio), confort (mobiliario, intervención, decoración, ruido, percepción física), seguridad (iluminación nocturna, percepción de seguridad, seguridad ante el crimen, etc.) y capacidad para provocar placer (arquitectura, permeabilidad de las fachadas, densidad de elementos, atractivo). Como resultado, los autores afirman que, en conjunto, el eje ambiental y el parque de los Periodistas son buenos espacios públicos sometidos a mejoras acerca de seguridad, ruido, perceptibilidad y espacialidad.

## Conclusiones

Las infraestructuras verdes se muestran como elementos versátiles dentro de la arquitectura urbana y son la esencia de las nuevas tendencias en el campo de la arquitectura y del urbanismo, en especial de la arquitectura verde o ecoarquitectura.

Su variedad y aplicabilidad a una gran diversidad de estructuras existentes o en etapas de diseño y construcción en múltiples proyectos de ingeniería, arquitectura, vivienda, urbanismo y, por supuesto, ambiente son el fundamento de su versatilidad.

Gracias a sus características tipológicas, se puede afirmar que son estructuras que facilitan la recuperación y generación de espacios públicos verdes con limitaciones de área, pues proporcionan versatilidad de instalación horizontal y vertical,

en interiores y en exteriores, con beneficios relacionados con la preservación del ambiente urbano, la conservación de los recursos naturales, el desarrollo social y cultural de los individuos y la preservación de la salud pública, conjugados en un concepto de ciudad ambiental y arquitectónicamente sostenible.

Las metodologías actuales que evalúan la aplicabilidad de las infraestructuras verdes mediante la caracterización comparativa de espacios físicos favorables para su disposición proporcionan una base firme para considerar y valorar la implementación de tratamientos y transformaciones urbanísticas por medio de las infraestructuras verdes vivas dispuestas en proyectos arquitectónicos, de urbanismo y de espacio público; esto se debe a que dichas metodologías toman en cuenta los potenciales beneficios funcionales y de servicio que aquellas infraestructuras ofrecen, entre los cuales se encuentran la adaptación al cambio climático y su mitigación, la mejora de la biodiversidad y la calidad ambiental y la mejora de la salud y del bienestar. La utilización de dichas metodologías en la evaluación de criterios técnicos cuantitativos y cualitativos bajo los lineamientos de equidad social, preservación del ambiente y valor económico, propios del concepto de sostenibilidad urbana, constituye una práctica efectiva y una herramienta adecuada en la toma de decisiones para la ciudad y el ambiente urbano, cuyos excelentes resultados se pueden apreciar en las experiencias vividas en todo el mundo.

## Referencias

- Alcântara, E. (2010). *Análisis de la movilidad urbana. Espacio, medio ambiente y equidad*. Bogotá: Corporación Andina de Fomento.
- Babisch, W. (1998a). Epidemiological Studies on Cardiovascular Effects of Traffic Noise. En

- D. Prasher y L. Luxon (eds.), *Advances in Noise Research. Vol. I: Biological Effects* (pp. 312-327). Londres: Whurr Publishers.
- Babisch, W. (1998b). Epidemiological Studies of the Cardiovascular Effects of Occupational Noise. A Critical Appraisal. *Noise & Health*, 1(1), 24-39.
- Babisch, W. (2006). *Transportation Noise and Cardiovascular Risk. Review and Synthesis of Epidemiological, Studies Doseeffect Curve and Risk Estimation*. Berlín: Environmental Agency.
- Babisch, W., Beule, B., Schust, M., Kersten, N. e Ising, H. (2005). Traffic Noise and Risk of Myocardial Infarction. *Epidemiology*, 16(1), 33-40.
- Babisch, W., Ising, H., Gallacher, J. E. J., Sweetnam, P. M. y Elwood, P. C. (1999). Traffic Noise and Cardiovascular Risk: The Caerphilly and Speedwell Studies, Third Phase 10-Year Follow Up. *Archives of Environmental Health*, 54, 210-216.
- Berglund, B. (1998). Community Noise in a Public Health Perspective. En V. C. Goodwin y D. C. Stevenson (eds.), *Proceedings of Inter-noise 1998* (pp. 19-24). Auckland: New Zealand Acoustical Society Inc.
- Berglund, B., Hassmén, P., y Job, R. F. S. (1996). Sources and Effects of Low-Frequency Noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 99, 2985-3002.
- Berglund, B., Lindvall, T., Schwela, D. H., y Organización Mundial de la Salud. (1999). *Guidelines for Community Noise*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
- Berglund, B., y Nilsson, M. E. (1997). Empirical Issues Concerning Annoyance Models for Combined Community Noise. En F. Augustinovicz (ed.), *Proceedings of Inter-noise 1997* (pp. 1053-1058). Budapest: OPAKFI.
- Berry, B. F. (2008). *Effect of Noise on Physical Health Risk in London. Technical Report. Report on phase 1. Review of the topic. Version 2.0*. Londres: Berry Environmental Ltd.
- Bertule, M., Lloyd, G., Korsgaard, L., Dalton, J., Welling, R., Barchiesi, S., Smith, M., Opperman, J., Gray, E., Gartner, T., Mulligan, J., y Cole, R. (2014). *Green Infrastructure Guide for Water Management: Ecosystem-based Management Approaches for Water-related Infrastructure Projects*. Nairobi, Kenya: United Nations Environment Programme [UNEP], UNEP-DHI Partnership - Centre on Water and Environment, International Union for Conservation of Nature [IUCN], The Nature Conservancy [TNC] and the World Resources Institute [WRI].
- Borja, J., y Muxí, Z. (2000). *El espacio público, ciudad y ciudadanía*. Barcelona: Electa.
- Cantó, M. T. (2014). La ordenación de la infraestructura verde en el sudeste ibérico (comunidad valenciana, España). *Revista Cuadernos de Biodiversidad* (45), 10-22.
- Cantón, M. A., De Rosa, C., y Kasperidus, H. (2003). Sustentabilidad del bosque urbano en el área metropolitana de la ciudad de Mendoza. Análisis y diagnóstico de la condición de las arboledas. *Avances en energías renovables y medio ambiente*, 7(1), 29-34.
- Centro de Estudios Ambientales [CEA]. (2012). *El anillo verde interior: hacia una infraestructura verde urbana en Vitoria-Gasteiz*. Vitoria-Gasteiz: Autor.

Chibcha, F. (2009). *CC Plaza Real Tunja desde el parque La Esperanza*. Recuperado de <https://www.flickr.com/photos/40485321@N06/4248383549>

Clark, M., y Acomb, G. (2008). *Bioswales/Vegetated Swales*. Recuperado de <https://goo.gl/QzAFVt>

Comisión Europea. (2014). *Construir una infraestructura verde para Europa*. Bruselas: Oficina de Publicaciones Unión Europea.

European Environment Agency. (2011). *Green Infrastructure and Territorial Cohesion. The Concept of Green Infrastructure and its Integration into Policies Using Monitoring Systems*. Luxemburgo: Unión Europea.

Fadigas, L. (2009). La estructura verde en el proceso de planificación urbana. *Revista Ciudades* (12), 33-47.

Fernández-Cañero, R., Pérez, N., Quevedo, S., Pérez, L., y Franco, A. (2008). Ajardinamiento de fachadas y jardines verticales: otras formas de jardinería aplicadas a un desarrollo urbano más sostenible. En M. J. Sainz y C. Salinero (eds.), *Actas de horticultura* núm. 52. Innovación y futuro en la jardinería. I Simposio Iberoamericano, IV jornadas ibéricas de horticultura ornamental, Pontevedra, España (pp. 231-236). Pontevedra: Sociedad española de ciencias hortícolas.

Flores, M. A., Téllez, R., y Torras, S. (2001). *Estudio del ruido generado por la operación del transporte carretero. Caso III, Nuevo León*. Querétaro: Instituto Mexicano del Transporte.

Flores, M. A., Téllez, R., y Torras, S. (2002). *Estudio del ruido generado por la operación del transporte carretero. Caso IV, Veracruz*. Querétaro: Instituto Mexicano del Transporte.

Forest Research. (2010a). *Benefits of Green Infra-structure. Report to Defra and CLG*. Farnham: Autor.

Forest Research (2010b). *Benefits of Green Infra-structure. Report by Forest Research*. Farnham: Autor.

Foster, J., Lowe, A., y Winkelmann, S. (2011). *The Value of Green Infrastructure for Urban Climate Adaptation*. Washington: The Center for Clean Air Policy.

Gerald, R. (2017). *Santalaia, uno de los jardines verticales más grandes del mundo está en Colombia*. Recuperado de <https://www.archdaily>.

- Gómez, C. I., y Moyano, C. A. (2014). La calidad en el espacio público: en el eje ambiental y el parque de los periodistas. *Papeles de Coyuntura* (38), 66-80.
- Havard, S., Reich, B. J., Bean, K., y Chaix, B. (2011). Social Inequalities in Residential Exposure to Road Traffic Noise: An Environmental Justice Analysis Based on the Record Cohort Study. *Occupational & Environmental Medicine*, 68, 366-374.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam]. (2006). *Documento soporte norma de ruido ambiental*. Bogotá: Autor.
- Lange, C. (2011). Dimensiones culturales de la movilidad urbana. *Invi*, 26(71), 87-106.
- Lucius, I., Dan, R., Caratas, D., Mey, F., Steinert, J., y Torkler, P. (2011). *Green Infrastructure: Sustainable Investments for the Benefit of Both People and Nature*. Giurgiu: SURF-nature.
- Mahdavinejad, M., Zia, A., Norouzi, A., Seta-reh, G., y Elmi, N. (2014). Dilemma of Green and Pseudo Green Architecture Based on LEED Norms in Case of Developing Countries. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 3, 235-246.
- Minke, G. (2009). *Techos verdes, planificación, ejecución, consejos prácticos*. Montevideo: Fin de Siglo.
- Natural England. (2009). *Green Infrastructure Guidance*. Londres: Autor.
- Natural Resources Conservation Service. (2005). *Bioswales... Absorb and Transport Large Runoff Events*. Washington: Autor.
- NYC Environmental Protection. (2014). *NYC Green Infrastructure. Annual Report*. Nueva York: Autor.
- Philadelphia Water Department. (2011). *Amended, Green City, Clean Waters: The City of Philadelphia's Program for Combined Sewer Overflow Control. Program Summary*. Filadelfia: Autor.
- Pinzón, M. V., Torres, G. J., y Colonia, V. (2008a). Imagen e identidad de la ciudad. En Alcaldía Municipal, Secretaría de Planeación Municipal, *Estatuto de espacio público municipio de Palmira* (pp. 10-12). Palmira: Alcaldía Municipal, Secretaría de Planeación Municipal.
- Pinzón, M. V., Torres, G. J., y Colonia, V. (2008b). Sistema de espacio público. En Alcaldía Municipal, Secretaría de Planeación Municipal, *Estatuto de espacio público municipio de Palmira* (pp. 13-17). Palmira: Alcaldía Municipal, Secretaría de Planeación Municipal.
- PlacesMap.net. (s. f.). *Parque lineal La Presidenta*. Recuperado de <https://placesmap.net/CO/Parque-Lineal-La-Presidenta-116138/>
- Quintero, J. R. (2013). El ruido del tráfico vehicular y sus efectos en el entorno urbano y la salud humana. *Puente, revista científica*, 7(1), 93-99.
- Quintero, L. E. (2016). *Formulación de alternativas para recuperación de espacio público mediante infraestructuras verdes en Tunja*. (Tesis de pregrado inédita). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia.
- Ragheb, A., El-Shimy, H., y Ragheb, G. (2016). Green Architecture: A Concept of Sustainability. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 216, 778-787.

Redondo, D. F. (2014). Beneficios socioambientales de las infraestructuras verdes urbanas y su aplicación en la construcción y planificación urbanística en la ciudad de Bucaramanga. *Puente, revista científica*, 8(2), 15-23.

Saidi, K., y Hammami, S. (2015). The Impact of CO<sub>2</sub> Emissions and Economic Growth on Energy Consumption in 58 Countries. *Energy Reports*, 1, 62-70.

Shaheen, S. A., y Lipman, T. E. (2007). Reducing Greenhouse Emissions and Fuel Consumption. Sustainable Approaches for Surface Transportation. *IATSS Research*, 31(1), 6-20.

Sorensen, M., Barzetti, V., Keipi, K., y Williams, J. (1998). *Manejo de las áreas verdes urbanas*. Washington: Banco Interamericano de Desarrollo.

Suárez, A., Camarena, P., Herrera, I., y Lot, A. (2011). *Infraestructura verde y corredores ecológicos de los pedregales: ecología urbana del sur de la ciudad de México*. Ciudad de México: UNAM.

Tumini, I. (2010). *Estrategias para reducción del efecto isla de calor en los espacios urbanos. Estudio aplicado al caso de Madrid*. Recuperado de <https://goo.gl/v9Cm1w>

US Environmental Protection Agency [EPA]. (2015). *Tools, Strategies and Lessons Learned from EPA Green Infrastructure Technical Assistance Projects*. Washington: Autor.

Vélez, L. A. (2007). Paisajismo y ecología del paisaje en la gestión de la arborización de las calles. Una referencia a la ciudad de Medellín, Colombia. *Gestión y ambiente*, 10(4), 31-40.