



**370** Años  
Formando proyectos de vida  
al servicio del país

Escuela de ingeniería,  
Ciencia y Tecnología



Facultad de Estudios  
Internacionales,  
Políticos y Urbanos

**INFRAESTRUCTURAS VERDES EN MEDELLÍN Y CARTAGENA: ANÁLISIS DE LA  
PERCEPCIÓN CIUDADANA E IMPACTO DE POLÍTICAS PÚBLICAS EN SU  
ADOPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO**

Autor:

**Josefina Sampayo Anaya**  
**Hover Emilio Martínez Rivera**

**UNIVERSIDAD NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO**  
**MAESTRÍA EN CIUDADES INTELIGENTES Y SOSTENIBLES**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIENCIA Y TECNOLOGÍA**  
**BOGOTÁ COLOMBIA, 7 JULIO 2024**



**370** Años  
Formando proyectos de vida  
al servicio del país

Escuela de ingeniería,  
Ciencia y Tecnología



Facultad de Estudios  
Internacionales,  
Políticos y Urbanos

**INFRAESTRUCTURAS VERDES EN MEDELLÍN Y CARTAGENA: ANÁLISIS DE LA  
PERCEPCIÓN CIUDADANA E IMPACTO DE POLÍTICAS PÚBLICAS EN SU  
ADOPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO**

Trabajo presentado para obtener el título de:  
Magíster en Ciudades Inteligentes y Sostenibles

Autor:

**Josefina Sampayo Anaya**  
**Hover Emilio Martínez Rivera**

Director:

Raúl Alberto Marino Zamudio  
PhD. En Sostenibilidad Urbana  
Universidad de Melbourne – Australia

**UNIVERSIDAD NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO**  
**MAESTRÍA EN CIUDADES INTELIGENTES Y SOSTENIBLES**  
**PROGRAMA – ESCUELA DE INGENIERÍA CIENCIA Y TECNOLOGÍA**  
**BOGOTÁ COLOMBIA, 7 JULIO 2024**

## AGRADECIMIENTOS

Queremos dedicar este espacio a expresar nuestra más profunda gratitud a todas las personas que nos han acompañado y apoyado a lo largo de este importante proyecto.

En primer lugar, agradecemos a nuestras familias por su incondicional respaldo. Josefina, arquitecta de profesión, quiere expresar su más sincero agradecimiento a sus padres y a su abuela, cuyo constante apoyo y amor han sido fundamentales para alcanzar este logro. A su vez, Emilio, ingeniero de sistemas, extiende su gratitud a su madre que se encuentra en el cielo, tía, sus hermanos y su abuela, quienes con su apoyo y motivación han sido una fuente constante de inspiración.

Agradecemos también a nuestros colegas y superiores en nuestras respectivas funciones públicas, quienes nos han brindado el espacio y la comprensión necesarios para llevar a cabo esta investigación. Su confianza en nuestras capacidades y su flexibilidad han sido vitales para culminar con éxito este trabajo. Este proyecto no habría sido posible sin el apoyo y la colaboración mutua. Ambos, como jóvenes profesionales comprometidos con el desarrollo de ciudades inteligentes y sostenibles, hemos encontrado en este camino no solo un reto académico y profesional, sino también una oportunidad de crecimiento personal y colectivo.

Finalmente, queremos agradecer a nuestros profesores y asesores por su guía y conocimientos compartidos, así como a todos aquellos que de una u otra forma han contribuido a la realización de esta tesis. Su ayuda ha sido inestimable y siempre será recordada con gratitud.

A todos ustedes, muchas gracias.

Josefina y Emilio.

## **ABSTRACT**

En la actualidad, las infraestructuras verdes juegan un papel crucial en el desarrollo urbano sostenible, ofreciendo soluciones para mitigar los efectos del cambio climático y mejorar la calidad de vida en las ciudades. Este estudio es especialmente relevante en el contexto de ciudades latinoamericanas, como Medellín y Cartagena, donde los desafíos ambientales y urbanos requieren enfoques innovadores y colaborativos.

El presente documento analiza la percepción ciudadana y el impacto de las políticas públicas sobre las infraestructuras verdes en Medellín y Cartagena. A través de un enfoque mixto, se utilizaron encuestas y entrevistas para recoger datos de diversas fuentes, proporcionando una visión comprensiva de cómo estas infraestructuras son percibidas y aceptadas por los habitantes y las autoridades locales. Los resultados muestran que, aunque existe un alto nivel de conciencia sobre los beneficios ambientales de las infraestructuras verdes, persisten barreras significativas para su implementación, tales como la falta de incentivos económicos y normativas adecuadas.

Se destacan dos tipos principales de infraestructuras verdes: techos y fachadas verdes, los cuales no solo contribuyen a la mitigación del cambio climático y la mejora de la calidad del aire, sino que también ofrecen beneficios estéticos y de bienestar social. Sin embargo, la adopción de estas tecnologías varía entre ambas ciudades debido a diferencias culturales, económicas y climáticas.

El estudio sugiere que para fomentar un entorno urbano más sostenible y habitable, es crucial una combinación de educación ambiental, políticas públicas efectivas y participación comunitaria. Las recomendaciones incluyen el desarrollo de estrategias de financiamiento y colaboración público-privada, así como la creación de programas educativos que aumenten la concienciación y el compromiso ciudadano con las infraestructuras verdes.

Este trabajo contribuye al campo de las ciudades inteligentes y sostenibles al proporcionar una base de datos sólida y recomendaciones prácticas para mejorar la implementación de infraestructuras verdes en contextos urbanos diversos.

**English:**

Currently, green infrastructures play a crucial role in sustainable urban development, offering solutions to mitigate the effects of climate change and improve the quality of life in cities. This study is especially relevant in the context of Latin American cities such as Medellín and Cartagena, where environmental and urban challenges require innovative and collaborative approaches.

This document analyzes citizen perception and the impact of public policies on green infrastructures in Medellín and Cartagena. Using a mixed-methods approach, surveys and interviews were conducted to gather data from various sources, providing a comprehensive view of how these infrastructures are perceived and accepted by residents and local authorities. The results show that, although there is a high level of awareness about the environmental benefits of green infrastructures, significant barriers to their implementation persist, such as the lack of economic incentives and adequate regulations.

Two main types of green infrastructures are highlighted: green roofs and green facades, which not only contribute to climate change mitigation and air quality improvement but also offer aesthetic and social well-being benefits. However, the adoption of these technologies varies between the two cities due to cultural, economic, and climatic differences.

The study suggests that to promote a more sustainable and livable urban environment, a combination of environmental education, effective public policies, and community participation is crucial. Recommendations include developing financing strategies and public-private collaboration, as well as creating educational programs that increase awareness and citizen engagement with green infrastructures.

This work contributes to the field of smart and sustainable cities by providing a solid database and practical recommendations for improving the implementation of green infrastructures in diverse urban contexts.

## CONTENIDO

CONTENIDO.....	7
INTRODUCCIÓN .....	13
1. OBJETIVOS.....	16
1.1 Objetivo general .....	16
1.2 Objetivos específicos.....	16
2. PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN .....	17
3. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE .....	23
3.1 Introducción a los techos verdes.....	23
3.1.1 Historia de los techos verdes .....	23
3.2 Definición de Infraestructuras verdes .....	24
3.4 Tipologías y composición de las infraestructuras verdes.....	29
3.4.1 Techos Verdes .....	30
3.4.2 Fachadas verdes .....	36
3.5 Ciudades con estrategias de Soluciones Basadas en la Naturaleza para la adaptación climática. 48	
3.5.1 Alemania .....	48
3.5.1.1 Stuttgart: .....	49
3.5.2 Suiza .....	50
3.5.3 México.....	50
3.5.4 Australia .....	52
3.5.4.1 Melbourne:.....	52
3.5.4.2 Adelaida:.....	53
3.5.4.3 Sídney (Greening Sydney Plan) .....	54
3.5.5 Canadá.....	54
3.5.5.1 Montreal.....	55
3.5.5.2 Toronto .....	55

3.5.6	Estados Unidos .....	56
3.5.6.1	Chicago.....	56
3.5.6.2	Nueva York.....	57
3.5.7	Singapur.....	58
4.	MARCO NORMATIVO .....	62
4.1	Marco Normativo Internacional .....	65
4.1.1	Protocolo de Kioto.....	65
4.1.2	Acuerdo de Paris .....	66
4.1.3	Agenda 2030.....	66
4.1.4	Nueva Agenda Urbana .....	67
4.2	Marco Normativo Colombiano.....	67
4.2.1	CONPES 3305 de 2004: Lineamientos para optimizar la política de desarrollo urbano – Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. ....	67
4.2.2	CONPES 3934 DE 2018: Política de crecimiento verdes .....	68
4.2.3	CONPES 3919 DE 2018: Política nacional de edificaciones sostenibles. ....	68
4.2.4	Estrategia Nacional de Economía Circular - ENEC.....	68
4.2.5	Ley 2169 de 2021 .....	69
4.2.6	Ley 2099 de 2021 .....	69
4.2.7	Ley de Cambio Climático - Ley 1931 del 2018 .....	69
4.3	Normativa en la ciudad de Bogotá – Orden Municipal.....	72
4.3.1	Resolución 3654 de 2014 .....	72
4.3.2	Resolución 1874 de 2019 por la Secretaría de Planeación.....	72
4.4	Normativa en la ciudad de Medellín – Orden Municipal .....	74
4.5	Normativa en la ciudad de Cartagena – Orden Municipal .....	77
5.	METODOLOGÍA.....	81
5.1	Medellín y Cartagena: Contexto urbano.....	82
5.1.1	Medellín: .....	83
5.1.2	Cartagena.....	86
5.2	Definición del público objetivo .....	89

5.3	Metodología de recolección de datos .....	92
5.3.1.	Fase Cuantitativa: Encuestas .....	92
5.3.2.	Fase Cualitativa: Entrevistas .....	93
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	94
6.1.	Resultados de encuestas a residentes de ciudades de Colombia.....	94
6.2.	Resultados de encuestas a entes gubernamentales y organizaciones privadas de Colombia... 99	
6.3.	Resultados de encuestas a empresas constructoras de Colombia. ....	102
6.4.	Entrevistas.....	104
6.4.1	Entrevista 1: Laure Lucadau.....	105
6.4.2	Entrevista 2: Javier Alejandro Sabogal Días .....	106
6.5	Finalización de las Entrevistas: .....	107
7.	Discusión de los resultados de la encuesta y las entrevistas: .....	107
7.1	Preferencias y Beneficios Percibidos .....	108
7.2	Rol de Políticas Públicas y Colaboraciones .....	109
7.2.	Análisis de las entrevistas .....	110
8.	CONCLUSIONES.....	113
8.1	Oportunidades para la Promoción de Infraestructuras Verdes .....	116
8.2	Conclusiones Específicas: .....	117
8.3	Recomendaciones para Futuras Investigaciones .....	117

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Definiciones del término Infraestructuras Verdes.....	26
Tabla 2. Comparación de tipologías de techos verdes según espesor del sustrato.....	35
Tabla 3. Tipología de LWS. ....	40
Tabla 4. Techo verde por habitante en ciudades de Alemania.....	49
Tabla 5. Comparaciones políticas gubernamentales de ciudades estudiadas.....	60
Tabla 6. Orden Jerárquico de Normativa Colombiana.....	70
Tabla 7. Indicadores del programa.....	77
Tabla 8. Barreras y Oportunidades identificadas en el análisis.....	115

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipología de Espacio Verde según su nivel y ámbito territorial.....	26
Figura 2. Elementos que conforman la Infraestructura Verde. ....	29
Figura 3. Requerimientos necesarios para Techos Verdes de la Secretaría de Ambiente de Bogotá. ....	32
Figura 4. Capas que componen los Techos Verdes Secretaría de Ambiente de Bogotá. ....	33
Figura 5. Diagrama de sistemas verdes verticales.....	37
Figura 6. Fachadas verdes directamente desde el suelo. ....	38
Figura 7. Fachadas verdes a través de jardineras. ....	39
Figura 8. Casa Cortina Verde. ....	42
Figura 9. Parque High Line. ....	43
Figura 10. Corredor Ecológico de los Cerros Orientales. ....	44
Figura 11. Humedales de Cheonggyecheon. ....	45
Figura 12. Edificio de la Alpujarra, Concejo de Medellín- Izquierda, Alcaldía de Medellín-Derecha. 46	
Figura 13. Edificio apartments – Medellín, Colombia.....	47
Figura 14. The Rooftop Project Maps.....	52
Figura 15. Techo del Ayuntamiento de Chicago(izquierda) y el Consejo del Condado de Cook(derecha). ....	56
Figura 16. ODS alineados a ciudades sostenibles. ....	64
Figura 17. Portal Web de la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá con la ubicación de techos y jardines verdes en la ciudad.....	73
Figura 18. Composición porcentual de espacio público en Medellín. ....	75
Figura 19. Líneas estratégicas del Plan de Desarrollo de Cartagena. ....	78
Figura 20. Espacio Público Efectivo, 2022. ....	80
Figura 21. Esquema de Metodología aplicado en la investigación. ....	81
Figura 22. Mapa de la ciudad de Medellín. ....	84
Figura 23. Mapa de la ciudad de Cartagena. ....	88
Figura 24. Pregunta 1: ¿En qué ciudad se encuentra ubicado? .....	94

Figura 25. Pregunta 2: ¿Conoce usted sobre la temática de infraestructuras verdes?.....	95
Figura 26. Pregunta 3: ¿Qué tipo de infraestructuras verdes te gustaría ver implementadas en tu ciudad? 95	
Figura 27. Pregunta 4: ¿Cuáles son los beneficios que usted considera que las áreas verdes y el arbolado en general aportan a la ciudad?.....	96
Figura 28. Pregunta 5: ¿Estarías dispuesto/a pagar por gastos de instalación y mantenimiento por este tipo de infraestructura en tu edificio?.....	97
Figura 29. Pregunta 6: ¿Sabía usted, que la implementación de infraestructuras verdes aportaría a mitigar el cambio climático y regular la temperatura del entorno?.....	98
Figura 30. Pregunta 8: ¿Conoce de incentivos por parte de las autoridades locales para la construcción de infraestructuras verdes? .....	98
Figura 31. Pregunta 1: ¿Qué estrategias está implementando su ciudad para la adaptación al cambio climático?.....	100
Figura 32. Pregunta 2: ¿Qué tipo de políticas públicas considera más efectivas para promover infraestructuras verdes? .....	100
Figura 33. Pregunta 3: ¿Cuáles considera que son los mayores obstáculos para la implementación efectiva de políticas públicas en este ámbito? .....	101
Figura 34. Pregunta 4: ¿Cómo podría su organización colaborar con otras entidades para impulsar la adopción de políticas públicas pro-sostenibilidad? .....	102
Figura 35. Pregunta 1: ¿Cuáles son los principales desafíos que enfrentas al implementar infraestructuras verdes en tus proyectos de construcción?.....	103
Figura 36. Pregunta 2: ¿Qué medidas crees que podrían ser tomadas para promover la adopción de muros y fachadas verdes en la construcción?.....	103

## INTRODUCCIÓN

En el contexto de las ciudades contemporáneas, el concepto de "ciudad inteligente" se ha consolidado como una meta integral que combina tecnología, resiliencia y calidad de vida para sus habitantes. Las ciudades inteligentes buscan optimizar sus recursos, reducir su huella ambiental y mejorar el bienestar de sus ciudadanos mediante la integración de tecnologías avanzadas y estrategias de planificación y embellecimiento urbano. Dentro de este marco, las infraestructuras verdes, y en particular los techos verdes y jardines verticales, emergen como soluciones innovadoras que contribuyen significativamente al desarrollo urbano.

Las ciudades inteligentes representan un paradigma en el cual la tecnología y la innovación se ponen al servicio de la sostenibilidad. Este enfoque no solo implica la implementación de sistemas tecnológicos avanzados, sino también la promoción de prácticas perdurables que mejoren la calidad de vida y el medio ambiente. La integración de infraestructuras verdes es un componente esencial en esta visión, ya que estas infraestructuras ayudan a mitigar los efectos del cambio climático, mejoran la calidad del aire y promueven la biodiversidad en entornos urbanos densamente poblados. Las infraestructuras verdes, incluyendo los techos verdes y jardines verticales, ofrecen múltiples beneficios para las ciudades. Entre estos beneficios se encuentran la mejora de la calidad del aire, ya que las plantas y la vegetación pueden absorber contaminantes y producir oxígeno; la reducción del efecto isla de calor, al proporcionar sombra y liberar humedad, las infraestructuras verdes ayudan a reducir las temperaturas urbanas; la gestión de aguas pluviales, donde los techos verdes pueden retener el agua de lluvia, reduciendo el riesgo de inundaciones y aliviando la carga sobre los sistemas de drenaje urbano; y el aumento de la biodiversidad urbana, con la inclusión de plantas y espacios verdes que proporcionan hábitats para diversas especies, fomentando la biodiversidad. No obstante, la implementación de estas tecnologías no está exenta de desafíos. Requiere una infraestructura adecuada, un conocimiento y comprensión por parte de la población, y el respaldo de políticas públicas efectivas.

Medellín y Cartagena, dos de las principales ciudades de Colombia, enfrentan desafíos urbanos significativos debido a su crecimiento demográfico y urbanístico. Medellín, conocida por su innovador sistema de transporte y su enfoque en la inclusión social, y Cartagena, con su rica historia y turismo en expansión, presentan contextos climáticos y socioeconómicos diversos que las convierten en escenarios ideales para explorar la implementación y percepción de infraestructuras verdes. Ambas ciudades tienen la oportunidad de beneficiarse enormemente de la adopción de techos verdes y jardines verticales. Sin embargo, es crucial entender cómo estos sistemas son percibidos y comprendidos por sus habitantes, así como las políticas públicas y programas existentes que pueden facilitar su integración.

Este estudio tiene como objetivo general analizar el estado actual del conocimiento y percepción de las infraestructuras verdes, especialmente techos verdes y jardines verticales, en Medellín y Cartagena. Para alcanzar este objetivo general, se han definido los siguientes objetivos específicos: evaluar el nivel de conocimiento y comprensión de la población sobre estas alternativas de sostenibilidad con el medio ambiente y el entorno urbano, entender cuánto saben los habitantes sobre los techos verdes y jardines verticales y sus beneficios; examinar la percepción de los beneficios y barreras asociados a su implementación, identificar las ventajas percibidas y los obstáculos que dificultan su adopción; e identificar y evaluar las políticas públicas y programas existentes que promuevan su adopción, revisando las iniciativas gubernamentales y no gubernamentales que apoyan la implementación de infraestructuras verdes. La investigación se llevará a cabo mediante una metodología mixta que incluye encuestas, entrevistas y revisión documental. Este enfoque permitirá obtener una visión comprensiva del panorama actual y ofrecer recomendaciones basadas en evidencia para mejorar la integración de infraestructuras verdes en Medellín y Cartagena.

Al realizar este estudio, se pretende contribuir significativamente al campo del urbanismo sostenible. Se espera ofrecer una evaluación detallada de cómo las infraestructuras verdes pueden ser mejor comprendidas, percibidas e implementadas en el contexto urbano colombiano. Los resultados no solo beneficiarán a Medellín y Cartagena, sino que también proporcionarán *insights* valiosos aplicables a otras ciudades que aspiran a convertirse en ciudades inteligentes y durables en el tiempo. Este trabajo busca fomentar ciudades más resilientes y permanentes para el futuro,

promoviendo la adopción de infraestructuras verdes como un componente clave en la transición hacia ciudades inteligentes y verdes. Con una visión clara y recomendaciones basadas en evidencia, se espera que esta investigación impulse políticas y prácticas que mejoren la calidad de vida urbana y contribuyan a un medio ambiente más saludable.

En conclusión, este estudio tiene la intención de ser una contribución significativa al desarrollo de infraestructuras verdes en contextos urbanos, ofreciendo una evaluación exhaustiva y recomendaciones prácticas para su implementación efectiva. A través de una comprensión profunda y una percepción adecuada de estas tecnologías, las ciudades como Medellín y Cartagena pueden avanzar hacia un futuro más estable y resiliente, en sintonía con los principios de las ciudades inteligentes. La promoción de techos verdes y jardines verticales no solo mejora la estética urbana y la calidad de vida, sino que también juega un papel crucial en la mitigación de los impactos ambientales y el fomento de un entorno más saludable y equitativo para todos sus habitantes.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 Objetivo general**

Analizar el nivel de conocimiento y percepción de los residentes de Medellín y Cartagena sobre las infraestructuras verdes, y evaluar la disposición de la comunidad y las políticas actuales para su implementación, con el fin de identificar las barreras y oportunidades para su adopción en el contexto de ciudades inteligentes y sostenibles.

### **1.2 Objetivos específicos**

- Evaluar el conocimiento y la percepción pública sobre infraestructuras verdes en Medellín y Cartagena, analizando el nivel de comprensión y los beneficios percibidos por los residentes.
- Evaluar la percepción y aceptación social de las infraestructuras verdes en Medellín y Cartagena mediante encuestas y entrevistas a los residentes de ambas ciudades.
- Analizar las políticas públicas actuales y los incentivos gubernamentales relacionados con las infraestructuras verdes en Medellín y Cartagena, destacando las barreras y oportunidades para la promoción de techos verdes en estas ciudades.

## 2. PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de nuevas edificaciones y la expansión de grandes urbes han traído consigo avances significativos en la manera en que se planifican y construyen ciudades. Sin embargo, estos avances también presentan grandes retos para lograr un urbanismo con calidad de vida en términos de diseño, ahorro energético y gestión de recursos hídricos. En este contexto, el concepto de sostenibilidad se ha vuelto crucial para calificar un proyecto arquitectónico o urbano como amigable con el medio ambiente y sus ciudadanos. Estrategias como el alumbrado público con luminarias solares, cubiertas con paneles solares y terrazas con sistemas de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias son ejemplos de soluciones renovables que han ganado relevancia. Entre estas, los techos verdes están emergiendo como una alternativa prometedora en el campo del embellecimiento urbano y el equilibrio ambiental.

En el contexto actual, la necesidad de diseñar y construir espacios ecológicos y que conversen con el medio ambiente es imperativa, especialmente en un estilo de vida impactado por el cambio climático, que trae consigo cambios drásticos de temperatura y patrones de precipitación. Estos factores afectan directamente a los habitantes de las zonas urbanas. Las infraestructuras verdes no solo mejoran la estética de los edificios, transformando muros de concreto en fachadas vivas y creando huertas comunitarias en edificios multifamiliares, sino que también proporcionan confort térmico y facilitan la recolección de aguas lluvias, ofreciendo beneficios significativos para la salud y el bienestar[1]. Además, estas infraestructuras verdes ayudan a mitigar el efecto de isla de calor urbano, reduciendo las temperaturas y mejorando la calidad del aire en las ciudades [2].

El efecto de isla de calor urbano, mencionado anteriormente, caracterizado por el aumento de temperaturas en áreas urbanas respecto a sus alrededores rurales se debe a la abundancia de superficies impermeables y la escasez de vegetación, lo que resulta en un mayor consumo de energía y problemas de salud relacionados con el calor [2]. Este aumento de la temperatura está ligado en gran medida a materiales utilizados en la construcción de edificaciones como concreto y la implementación de estructuras metálicas, las cuales absorben y retienen mayor cantidad de radiación solar durante el día [3].

Las infraestructuras verdes, como techos y paredes vegetales, se presenta como una solución eficaz para mitigar este fenómeno. Estas infraestructuras no solo reducen las temperaturas mediante la absorción del calor y la provisión de sombra, sino que también disminuyen la demanda de aire acondicionado y, por ende, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) [1]. Además, las plantas en techos y paredes verdes actúan como sumideros de carbono, mejorando la calidad del aire y fomentando un entorno urbano más saludable [4].

Las infraestructuras verdes cada día son usadas y vistas como una manera de aportar al embellecimiento de las infraestructuras y cuidado del medio ambiente [5]. El uso de estos espacios, proporcionan espacios verdes que se han ido perdiendo a lo largo del tiempo con las construcciones masivas que se van haciendo en las ciudades y el crecimiento de las poblaciones en los territorios.

A pesar de sus ventajas, la implementación de infraestructuras verdes en muchas ciudades del país es aún limitada. Las razones incluyen la falta de recursos económicos para su instalación y mantenimiento, así como la carencia de apoyo de los gobiernos locales para establecer vínculos efectivos con la comunidad en la gestión de estos espacios. Esta situación es preocupante dado el aumento significativo de sequías y precipitaciones extremas en las últimas décadas, según el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)[6]. Además, se prevé un aumento de la temperatura en Colombia de aproximadamente 0,9°C para el año 2040 y de 2,4°C para finales de siglo, con el 100% de los municipios del país presentando algún grado de riesgo relacionado con el cambio climático.

Además de los desafíos económicos y políticos, un obstáculo significativo es el desconocimiento que tienen los ciudadanos sobre los techos verdes y sus beneficios. Muchos aún no están al tanto de cómo estos sistemas pueden mejorar la calidad de vida urbana y contribuir a los espacios de regeneración ambiental. Esta falta de conocimiento y conciencia impide la adopción generalizada de techos verdes, a pesar de sus múltiples beneficios ambientales y sociales.

En un enfoque de ciudad compacta el desarrollo urbano denso y eficiente, donde la proximidad y la accesibilidad son clave para reducir la dependencia del automóvil y fomentar modos de transporte más equilibrados, cobra importancia. En este contexto, las infraestructuras verdes juegan un papel crucial, especialmente en los corredores de transporte. La implementación de espacios verdes en la ciudad, de jardines verticales y techos verdes en estaciones y paradas de transporte no solo embellece el entorno urbano, sino que también actúa como sumideros de carbono, capturando dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y otros contaminantes atmosféricos [4].

La captura de CO<sub>2</sub> se da mediante el proceso de fotosíntesis que realizan las plantas absorbiendo el CO<sub>2</sub> y transformándolo en materia orgánica, lo cual contribuye a mejorar la calidad del aire y a reducir la huella de carbono de las ciudades [7]. Al integrar soluciones verdes en los corredores de transporte, las ciudades compactas pueden maximizar el uso del espacio urbano para crear entornos más saludables y sustentables.

En este contexto de sostenibilidad, el proyecto de ley "Por medio de la cual se promueve la implementación de techos o terrazas verdes y se dictan otras disposiciones", presentado por el Congreso de la República de Colombia en 2023[8], cobra una relevancia especial. Este marco normativo fomenta la adopción de techos verdes como una estrategia clave para enfrentar los desafíos del cambio climático y promover el equilibrio y embellecimiento urbano.

La integración de techos verdes en el entorno urbano no solo ofrece beneficios ambientales, sino que también cultiva una conciencia ciudadana sobre la importancia del cuidado del entorno y mejora la estética arquitectónica de nuestras ciudades. Este estudio se centrará en analizar el nivel de conocimiento de los ciudadanos frente a los techos e infraestructuras verdes para la mejora del entorno urbano en Medellín y Cartagena. La metodología empleada permitirá evaluar en qué medida están informados los ciudadanos sobre estos métodos de cuidado ambiental y cómo las políticas públicas locales pueden ayudar a que estos métodos de sostenibilidad sean ampliamente adoptados.

Este estudio incluirá un análisis detallado de encuestas y entrevistas realizadas a diversos actores clave, como ciudadanos, funcionarios públicos, y expertos en la temática urbana en las ciudades

de Medellín y Cartagena. El análisis de estas encuestas revelará el nivel de conocimiento y percepción de los ciudadanos sobre los techos verdes y sus beneficios. Además, las entrevistas proporcionarán información valiosa sobre los desafíos y oportunidades en la implementación de estos espacios verdes desde la perspectiva de los responsables de la toma de decisiones y los especialistas en el área.

A través de las encuestas, se evaluará la disposición de los ciudadanos para apoyar y participar en iniciativas de techos verdes, así como su comprensión de los beneficios ambientales y sociales que estos aportan. Las entrevistas con funcionarios públicos y expertos permitirán identificar las barreras institucionales y económicas que limitan la adopción de techos verdes y explorar posibles soluciones para superarlas.

El objetivo es demostrar que, a través de políticas públicas bien concebidas y respaldadas por incentivos económicos, es posible crear un entorno urbano saludable, estéticamente agradable y sostenible. Este proyecto promueve la sinergia entre ciudadanos, el sector privado y el estado para construir ciudades inteligentes y sostenibles que mejoren la calidad de vida de sus habitantes.

La sinergia entre los diferentes actores (ciudadanos, el sector privado y el estado) es crucial para la construcción de ciudades inteligentes y sostenibles debido a varios factores clave:

- Participación Ciudadana: Los ciudadanos desempeñan un papel fundamental al involucrarse en el proceso de planificación y toma de decisiones. Su participación asegura que las soluciones implementadas respondan a las necesidades reales de la comunidad y promuevan un sentido de pertenencia y responsabilidad hacia el entorno urbano.
- Innovación del Sector Privado: Las empresas privadas aportan innovación, tecnología y recursos financieros. Su colaboración puede acelerar el desarrollo e implementación de tecnologías avanzadas, como sistemas de gestión de energía, transporte inteligente y soluciones de infraestructura verde, que son esenciales para el funcionamiento eficiente de una ciudad inteligente.

- **Apoyo y Regulación del Estado:** El gobierno proporciona el marco regulatorio y el apoyo necesario para coordinar los esfuerzos de todos los actores. A través de políticas públicas bien concebidas y respaldadas por incentivos económicos, el estado puede fomentar la inversión en proyectos sostenibles y garantizar que las iniciativas privadas y ciudadanas se alineen con los objetivos de sostenibilidad y calidad de vida.
- **Creación de Sinergias:** La colaboración entre estos actores genera sinergias que potencian los recursos y capacidades de cada uno. Por ejemplo, proyectos conjuntos pueden resultar en soluciones más innovadoras y eficientes que las desarrolladas de manera aislada. La combinación de conocimientos y recursos asegura que los proyectos sean viables, sostenibles y adaptados a las necesidades locales.
- **Mejora Continua:** La interacción continua entre ciudadanos, sector privado y el estado facilita la retroalimentación y la mejora continua de las iniciativas. Esto asegura que las ciudades inteligentes no solo se construyan de manera efectiva, sino que también se adapten y evolucionen con el tiempo para enfrentar nuevos desafíos y aprovechar nuevas oportunidades.

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) ha señalado que los gobiernos no están optimizando eficazmente el gasto público como herramienta para la descarbonización económica, subrayando la urgencia de adoptar políticas públicas más efectivas y centradas en la sostenibilidad. En un momento en que la expansión de plantas de energía y proyectos de infraestructura podría aumentar significativamente las emisiones de carbono, es esencial impulsar la transición hacia fuentes de energía más limpias y la infraestructura verde.

El proyecto de ley mencionado anteriormente representa un paso significativo en la dirección correcta, destacando la importancia de las políticas públicas proactivas que pueden influir en la construcción de ciudades más resilientes y sostenibles. Integrando a los ciudadanos, el sector privado y el gobierno en la creación de espacios verdes, estamos avanzando hacia el desarrollo de ciudades inteligentes que promuevan la calidad de vida, la eficiencia energética y la resiliencia ante

los desafíos del cambio climático. La clave es crear un entorno donde los incentivos sean sólidos y se dirijan hacia la transformación verde que el mundo moderno necesita urgentemente.

### **3. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE**

#### **3.1 Introducción a los techos verdes**

El término "techos verdes" se refiere a la instalación de una serie de plantas y arbustos que crecen sobre la superficie de los techos de las construcciones [9]. Estas cubiertas vegetales proporcionan múltiples beneficios, como el manejo de aguas lluvias, la mitigación de efectos de temperatura en los edificios, el incremento de la biodiversidad urbana y el embellecimiento del entorno urbano, creando así un paisaje más estético y funcional.

Dada la magnitud de los cambios ambientales a nivel global que indudablemente afectan las condiciones de vida en las ciudades, se han implementado numerosas acciones orientadas a mejorar las condiciones urbanas, con el fin de repercutir positivamente en la calidad de vida de los habitantes urbanos y su relación con los ecosistemas circundantes. Entre estas acciones se encuentran la utilización de corredores naturales urbanos, los estudios sobre biodiversidad urbana y la incorporación de especies nativas en techos verdes [10]. Asimismo, se abordan temas como el cambio climático, los efectos de la isla de calor urbano, los GEI y las políticas urbanas [11]. Estos y otros estudios relevantes ponen de manifiesto la importancia de tomar decisiones acertadas en la industria de la construcción, integrando el medio natural con el entorno construido.

##### **3.1.1 Historia de los techos verdes**

Históricamente, los techos verdes no son un concepto nuevo. Los "Jardines Colgantes de Babilonia", construidos en el siglo VI a.C., son un ejemplo temprano de este tipo de arquitectura, aunque su propósito era más estético. En la época romana, el uso de vegetación en fachadas era común; estos jardines verticales proporcionaban sombra, enfriaban las edificaciones y servían como huertas para recoger frutos[12]. Durante el movimiento industrial, los espacios de cubierta comenzaron a ser valorados como "oasis urbanos", y se desarrollaron soluciones impermeabilizantes aptas para techos, haciendo estos espacios más duraderos y funcionales[13].

El arquitecto Le Corbusier fue un pionero en el uso de cubiertas verdes, las cuales denominaba como la "quinta fachada" de un proyecto. En sus diseños, como la Villa Savoye, demostró el

potencial de estos espacios para uso privado o comunitario, promoviendo una conexión más estrecha entre los habitantes y el entorno natural [14].

A mediados de la década de 1970, los urbanistas comenzaron a ver las fachadas verdes como una metodología para mejorar el entorno urbano y la calidad del aire. En Berlín, Alemania, se aprobó un programa con incentivos para la instalación de fachadas verdes, resultando en la implementación de 245.584 m<sup>2</sup> de estas superficies entre 1983 y 1997 [15]. A pesar de estos avances, el desconocimiento social sobre los beneficios de los techos verdes y la falta de apoyo institucional limitaron su adopción.

En la primera década del 2000, la preocupación por el medio ambiente y la sustentabilidad urbana llevó a un mayor interés en las cubiertas y fachadas verdes en ámbitos comerciales, industriales y políticos. Diversos países comenzaron a promulgar normas y leyes para promover su uso, superando desafíos relacionados con la gestión del agua, las temperaturas elevadas y el efecto isla de calor [15].

En la actualidad, los techos verdes están ganando popularidad en las ciudades. Sin embargo, su instalación y mantenimiento siguen siendo considerados complejos y costosos. Las investigaciones han demostrado los beneficios de los techos verdes en la regulación de la temperatura, pero también han señalado que el uso de vegetación puede complicar su implementación debido a factores climáticos y la necesidad de seleccionar especies adecuadas para cada región [16].

### **3.2 Definición de Infraestructuras verdes**

La infraestructura verde (IG, por sus siglas en inglés), se define como una red estratégicamente planificada de áreas naturales y seminaturales, junto con otras características ambientales, diseñadas y gestionadas para proporcionar una amplia gama de servicios ecosistémicos [17]. Esta

infraestructura brinda múltiples funciones y beneficios ecológicos, económicos y sociales a través de soluciones naturales [18]. La IG emula los procesos naturales con el objetivo de mejorar la calidad del agua y gestionar su cantidad, restaurando en parte la función hidrológica del paisaje urbano.

En este contexto, Davies y Laforteza [19] introducen un concepto más específico: la infraestructura verde urbana (UGI, por sus siglas en inglés), que se desarrolló como una forma de conceptualizar la planificación de espacios verdes conectados dentro de áreas urbanizadas. Existen conceptos similares que incluyen enfoques de desarrollo territorial que trabajan con la naturaleza para gestionar las aguas pluviales y la escorrentía cerca de su origen, como el "Desarrollo de bajo impacto" (LID) en América del Norte[20], el "Diseño urbano sensible al agua" (WSUD) en Australia [21], los "Sistemas de Drenaje Sostenible" (SuDS) en el Reino Unido [22] y el "Diseño y Desarrollo Urbano de Bajo Impacto" (LIUDD) en Nueva Zelanda [23].

El origen de la infraestructura verde es relativamente reciente y se remonta a actividades eminentemente prácticas que se han enfocado en resolver problemas de planificación urbana. Estas actividades se han centrado en la generación de estrategias para conservar y gestionar diversos sistemas de zonas verdes, así como en la integración de elementos naturales dentro del entorno urbano para mejorar la calidad de vida y la resiliencia de las ciudades en temas ambientales. Temas como la planificación ecológica, la ecología del paisaje y la arquitectura paisajista se presentan como pilares fundamentales para el desarrollo de conocimientos, principios y procedimientos que orientan el estudio y aplicación de la infraestructura verde en el desarrollo urbano y rural del territorio.

Hansen y Pauleit [24] muestran que es necesario vincular cuerpos teóricos y conceptuales, como el de servicios ecosistémicos, para la planificación de la infraestructura verde, integrándolos dentro de la planificación urbana. Esta vinculación permite un enfoque más holístico y sostenible, que considera tanto los beneficios ecológicos como sociales y económicos de la infraestructura verde, promoviendo un desarrollo más equilibrado y resiliente.

La Agencia Europea de Medio Ambiente y el Landscape Institute [25] proponen diversas escalas de paisaje para la infraestructura verde. A microescala, podemos encontrar elementos como techos

verdes, jardines verticales y plazas, que inicialmente no se consideraban parte de la infraestructura verde. En una escala más amplia, abarcando el paisaje y la región, se incluyen componentes como humedales, bosques, parques intercomunales, corredores ribereños y líneas costeras. Estos elementos de la infraestructura verde son cruciales para conservar y restaurar los procesos ecológicos clave de los territorios, además de generar beneficios económicos y sociales significativos. Según estas escalas, la infraestructura verde mejora, ayuda y mantiene o restablece la integridad de los diversos paisajes, promoviendo la compatibilidad y maximizando la salud de los ecosistemas y el bienestar social [26]

Figura 1. Tipología de Espacio Verde según su nivel y ámbito territorial



Fuente: Reporte de Ciudades Verdes[27]

Otras definiciones de autores que enmarcan esta investigación y que amplían el concepto de infraestructuras verdes, además de las mencionadas anteriormente, serían:

Tabla 1. Definiciones del término Infraestructuras Verdes

Autores	Definición
Kongjian Yu	“...Estructuras paisajísticas críticas que son estratégicamente identificadas y planeadas para salvaguardar los variados procesos naturales, biológicos, culturales y

	recreativos a través del paisaje, asegurando valores naturales y servicios ecosistémicos, esenciales para sustentar a la sociedad humana...”
Valdés, P. y Foulkes, M	“...Estrategia de planificación que requiere posicionar al territorio como un sistema en el que interactúan escalas como el barrio, la ciudad y la región con sus respectivas infraestructuras, y en el que los espacios verdes desempeñen un papel necesario como punto de ordenamiento...”
Naumann, S., Davis, S., Timo, K., Pieterse, M y Rayment, M.,	“...Red de áreas naturales y seminaturales, y espacios verdes en zonas urbanas y rurales, terrestres, de agua dulce, marinas y costeras, que en conjunto mejoran la salud y la resiliencia de los ecosistemas, contribuyen a la conservación de la biodiversidad y benefician a la población humana a través del mantenimiento y mejora de los servicios ecosistémicos. Puede ser fortalecida mediante la coordinación de estrategias e iniciativas enfocadas al mantenimiento, restauración, mejora y conectividad de las áreas existentes o mediante la creación de nuevas...”

Fuente: Hoja de Ruta: Infraestructuras verdes [28].

### 3. Infraestructuras Verdes en América Latina

En los últimos años, diversas ciudades de América Latina han implementado con éxito infraestructuras verdes para abordar problemas urbanos y ambientales. Por ejemplo, en São Paulo, Brasil, se han desarrollado numerosos techos verdes como parte de su iniciativa de embellecimiento urbano y sostenible. Estos techos verdes han mostrado beneficios significativos en la reducción de la temperatura urbana y en el manejo eficiente de las aguas pluviales, contribuyendo a la mitigación del efecto isla de calor y a la prevención de inundaciones urbanas. Además, estudios han demostrado que estos espacios verdes ayudan a mejorar la calidad del aire y proporcionan hábitats para diversas especies, aumentando así la biodiversidad urbana [29].

En Ciudad de México, las políticas públicas han incentivado la construcción de jardines verticales, conocidos por su efectividad en la mejora de la calidad del aire y en la promoción de la biodiversidad urbana. Los jardines verticales no solo embellecen las áreas urbanas, sino que también actúan como filtros naturales para contaminantes atmosféricos, reduciendo niveles de dióxido de carbono y otros gases nocivos [30].

En Santiago de Chile, la implementación de techos verdes y jardines verticales ha sido parte integral de las estrategias de adaptación al cambio climático. Estos proyectos han mostrado una disminución en el consumo energético de los edificios, especialmente en verano, y han contribuido a la gestión eficiente del agua, reutilizando aguas grises para el riego de plantas [31]. Además, la

participación comunitaria en la creación y mantenimiento de estos espacios ha fomentado un sentido de pertenencia y ha mejorado la cohesión social en áreas urbanas densamente pobladas [31].

En Colombia, un estudio reciente sobre los techos verdes en Bogotá reveló una mejora significativa en la eficiencia energética de los edificios, con una reducción del consumo de energía de hasta un 20% [32]. Además, se observó una mayor aceptación por parte de la comunidad debido a los beneficios estéticos y ambientales que ofrecen estos espacios. Estos techos verdes han demostrado reducir las temperaturas internas de los edificios en un promedio de 4°C durante los meses más cálidos, contribuyendo así a un menor uso de aire acondicionado. Además, estos espacios verdes urbanos han sido identificados como importantes refugios para la fauna local, especialmente aves e insectos, aumentando la biodiversidad en zonas urbanas en un 15% [32].

Medellín, conocida por su innovador enfoque en el urbanismo sostenible, ha sido pionera en la implementación de jardines verticales y techos verdes. Proyectos como el "Jardín Circunvalar" han creado corredores ecológicos que conectan diferentes partes de la ciudad, promoviendo la movilidad sostenible y proporcionando espacios para la recreación y la educación ambiental [33]

Cartagena, por su parte, ha comenzado a explorar la implementación de infraestructuras verdes como parte de su estrategia de adaptación al cambio climático. Estudios recientes han señalado que la ciudad enfrenta desafíos particulares debido a su clima tropical y su proximidad al mar, lo que hace que las infraestructuras verdes sean esenciales para la gestión de las aguas pluviales y la reducción del riesgo de inundaciones [34]. Hacia 2011-2012 el Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible en compañía de Invermar, la Alcaldía de Cartagena y Cooperación Internacional, trabajaron en un documento técnico de la vulnerabilidad de Cartagena al cambio climático, donde los resultados están desarrollados en el marco del proyecto Integración de la adaptación al cambio climático en la planificación territorial y gestión sectorial de Cartagena de Indias.

### 3.4 Tipologías y composición de las infraestructuras verdes.

Las infraestructuras verdes pueden clasificarse en varias tipologías, cada una con sus propios beneficios y aplicaciones específicas. Entre las más comunes se encuentran los techos verdes, jardines verticales, parques urbanos, corredores ecológicos y humedales. Cada tipo de infraestructura verde ofrece ventajas particulares. Por ejemplo, los techos y jardines verticales no solo embellecen el entorno construido, sino que también aíslan térmicamente los edificios, reduciendo la demanda energética. Los parques y corredores ecológicos, por otro lado, facilitan la conectividad de los hábitats y promueven la biodiversidad, al tiempo que proporcionan espacios para la recreación y el esparcimiento [4].

Además de los beneficios ambientales, las infraestructuras verdes también generan importantes ventajas económicas y sociales. Mejoran la salud pública al reducir la contaminación del aire y proporcionar espacios para la actividad física y el bienestar mental. También pueden aumentar el valor de las propiedades y atraer inversiones, contribuyendo al desarrollo económico [35].

Figura 2. Elementos que conforman la Infraestructura Verde.



Fuente: Infraestructura Verde Urbana[36]

### 3.4.1 Techos Verdes

Los techos verdes son soluciones innovadoras en la construcción que incorporan vegetación en la parte superior de edificios. Estas estructuras tienen el potencial de contribuir significativamente al equilibrio ambiental en áreas urbanas. Estos son básicamente un sistema de diversas capas que revisten cubiertas de edificios con vegetación y todo esto ayuda de cierta manera a reducir el volumen de escorrentías y caudales que se generan a nivel urbano mediante la reducción de superficies impermeables [37].

La implementación de estas infraestructuras traen consigo varias ventajas entre las que se pueden mencionar la mejora de la calidad del aire ya que la vegetación tiene la capacidad de remover algunos contaminantes que se encuentran presentes en el ambiente, reconstrucción del paisaje natural y generar hábitat, reducir la humedad en ciertas áreas de la ciudad, minimizar el consumo energético por el aislamiento térmico que genera, disminuir la cantidad de agua de escorrentía, mitigar el efecto de isla de calor y por supuesto, mejorar la estética de las edificaciones [38]. Sin embargo, aun con todos estos beneficios que se reciben, la principal barrera para su implementación está en los costos de mantenimiento, el poco personal capacitado para su construcción y esto ligado al poco conocimiento que se tiene en el país por la falta de interés a través de incentivos o políticas que promuevan su implementación, y la falta de estándares técnicos locales que regulen la construcción de infraestructuras verdes.

Según diversos autores, como Liu y Jim [39], los techos verdes son elementos clave para la autosuficiencia urbana debido a su capacidad para:

- Retención de agua: Los techos verdes pueden retener y absorber agua lluvia, reduciendo el riesgo de inundaciones y ayudando a recargar acuíferos locales[39].
- Mejora de la calidad del agua: La vegetación en los techos verdes actúa como un filtro natural, eliminando contaminantes del agua de lluvia y mejorando la calidad del agua que fluye hacia los sistemas de drenaje [13].
- Aprovechamiento de residuos orgánicos e inorgánicos.
- Mitigación del Cambio Climático y el efecto Isla de Calor: La mitigación del cambio climático es fundamental para combatir el aumento de las temperaturas globales y reducir las emisiones de GEI. Los techos verdes juegan un papel relevante en esta área. También

intervienen temas como la sobrepoblación y la densidad urbana que incrementan la temperatura del aire.

- Reducción de emisiones de carbono y material particulado: La vegetación en los techos verdes absorbe el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y libera oxígeno ( $\text{O}_2$ ), contribuyendo a la captura de carbono [40].
- Conectividad con la Estructura Ecológica Principal y por consiguiente el aumento de área verde para la promoción de la biodiversidad de la zona, donde puede darse el caso que algunas aves o animales puedan encontrarse en estas áreas de la ciudad. Igualmente, con las especies vegetales permitiendo su conservación.

Cuando se implementan estos sistemas de infraestructuras verdes en proyectos urbanos se resaltan, beneficios no solo ambientales como se mencionó anteriormente, si no también económicos, arquitectónicos e incluso sociales, cabe resaltar que dentro de las infraestructuras verdes encontramos techos y jardines verticales, los cuales por su ubicación horizontal y vertical respectivamente tendrán uno que otro beneficio diferente.

Los beneficios económicos que se obtienen por su implementación son:

- Aumento por la valorización del predio, donde las edificaciones que se enmarquen bajo los criterios de sustentabilidad ambiental tienen mayor valor comercial. Toda recuperación de fachadas y cubiertas mejora la percepción de los ciudadanos y aumenta la valorización.
- Ahorro en cuanto al consumo de agua, mientras este sea integrado a un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias.
- El confort térmico y acústico que se genera al interior de la edificación, actuando como barreras naturales para la mitigación de la contaminación acústica en el caso del ruido y el confort térmico en ciudades de climas cálidos que permiten un ahorro de energía y en el caso de climas fríos para disminuir temas de temperatura creando confort al interior.

En cuanto a los beneficios sociales que podemos encontrar se pueden mencionar:

- La mejora del paisaje urbano
- Se aumenta el área de  $m^2$  mínimo para los ciudadanos en las ciudades, teniendo en cuenta la recomendación de la OMS de  $15m^2$  por habitante, donde estos pueden compensar parte de las áreas verdes perdidas por la construcción de edificios
- Sensación de bienestar
- Mejora de la calidad de vida de los ciudadanos generando también espacios de intercambio social.

Las infraestructuras verdes en general necesitan cumplir con parámetros puntuales para ser un sistema eficiente y que pueda satisfacer y cumplir con los beneficios enumerados anteriormente donde intervengan desde la vegetación hasta la mano de obra calificada para su construcción, se encontró en la Guía Técnica de la Infraestructura Verde de la Secretaría de Ambiente de Bogotá[41] los requerimientos necesarios y se muestran en la siguiente imagen.

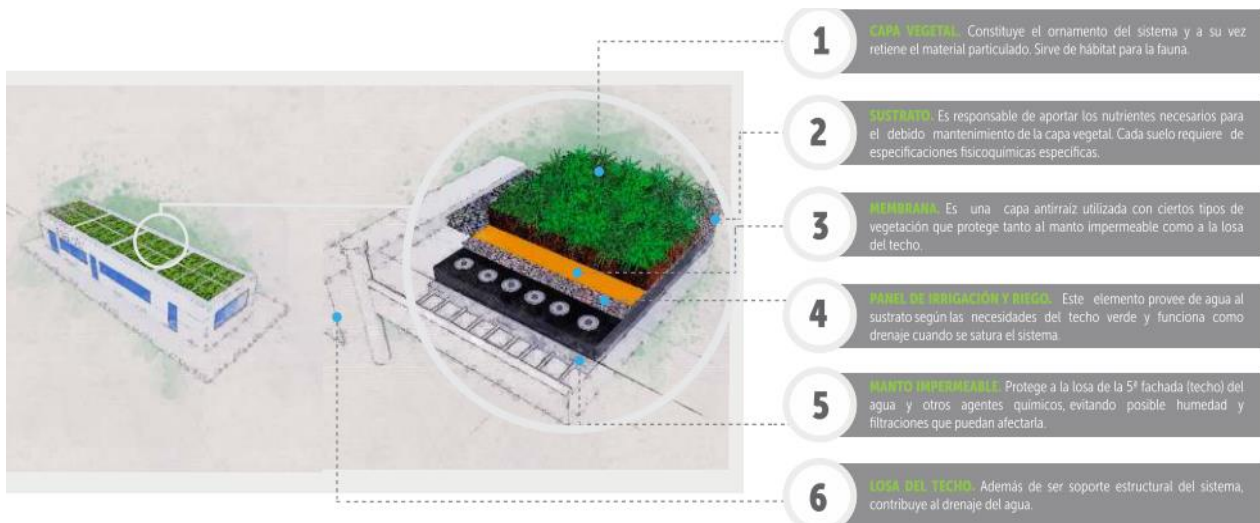
Figura 3. Requerimientos necesarios para Techos Verdes de la Secretaría de Ambiente de Bogotá.



Fuente: Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá [42]

Los techos verdes están compuestos por una serie de capas con componentes necesarios para generar un sistema óptimo, desde los componentes activos que es todo lo relacionado a la cobertura vegetal que conforma el sistema, los componentes estables como la membrana de impermeabilización, las barreras filtrantes, losetas y, por último, los elementos auxiliares cuyas modificaciones no afectan la estructura de los techos verdes, como lo son el riego, la iluminación, el mantenimiento. Aunque existen diferentes sistemas de techos verdes, todas tienen un sistema constructivo base, como se muestra en la siguiente figura, donde se enumeran cada una de las capas hasta la losa del techo que sería el soporte estructural de todo el sistema.

Figura 4. Capas que componen los Techos Verdes Secretaría de Ambiente de Bogotá.



Fuente: Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá [42].

Los techos verdes se pueden clasificar de varias formas, encontramos diferentes tipologías según el espesor del sustrato, el material vegetal utilizado y su propósito o tecnología empleada para su construcción.

#### 3.4.1.1 Según espesor del sustrato:

- *Techos verdes extensivos:* Esta tecnología corresponde al sistema de techos verdes que tienen menor costo y requieren menos mantenimiento. Tienen a tener un espesor entre 40mm y 150mm, son de bajo peso y tienen poca diversidad de plantas, donde las más comunes son las suculentas y plantas resistentes a temperaturas altas, vientos fuertes y a condiciones de humedad [43]. Este tipo de cubiertas no permite senderos, mobiliarios o tránsito sobre la superficie y el sustrato tiende a estar compuesto por cerámica triturada,

arena de sílice y subproductos vegetales. Entre sus beneficios encontramos la mejora de la cubierta, la mejora energética y por su puesto una mejora paisajística.

- *Techos verdes intensivos*: Estos presentan una capa de sustrato un poco más profundo, con un mínimo de 150mm de espesor, por lo que requieren mantenimiento e irrigación constante. Son principalmente para la siembra intensiva de vegetación como arbustos, plantas y árboles de gran tamaño y aptos para el desarrollo de una gran diversidad de plantas. Con estos, al ser mayor el espesor, tienen una alta eficiencia energética y buena retención de escorrentía, lo que los hace de mayor costo a la hora de su construcción y mantenimiento y a su vez generan grandes cargas a las edificaciones[43]. Este tipo de techos verdes están pensados principalmente para espacios de uso recreativo y comercial ya que se pueden instalar diversos elementos como iluminación, senderos, pequeños parques y algunos mobiliarios. Sus beneficios principales son el confort térmico y acústico, ser receptor de agua y la mejora paisajística.
- *Techos verdes semi intensivos*: El espesor del sustrato está entre los 100mm y los 200mm lo que permite desarrollar un tipo de vegetación más variada que los techos extensivos, como arbustos y arboles pequeños, con césped para complementar el sistema. Lo relacionado al mantenimiento e irrigación dependen del tipo de vegetación instalada, esta puede ser de costo medio y requiere un cuidado moderado [43]. Esta tipología puede manejar un poco de tránsito en cubierta, pero no muy pesado, es decir unas zonas de ocio moderado que no generen una carga considerable a la estructura y permite adecuaciones en el entorno donde se va a implementar. El sustrato puede estar compuesto por fibra de coco, arcilla trituradas o cocida, y material minero.

Tabla 2. Comparación de tipologías de techos verdes según espesor del sustrato.

<b>TECHOS VERDES SEGÚN ESPESOR</b>			
<b>TECHOS VERDES</b>	<b>EXTENSIVOS</b>	<b>INTENSIVOS</b>	<b>SEMI INTENSIVOS</b>
<b>Mantenimiento</b>	Bajo	Alto	Moderado
<b>Material Vegetal</b>	Suculentas y plantas resistentes a temperaturas altas, vientos fuertes y a condiciones de humedad.	Siembra intensiva de vegetación como arbustos, plantas y árboles de gran tamaño.	Arbustos y arboles pequeños, con césped.
<b>Sustrato</b>	40mm – 150 mm	Mayor a 150mm	Entre 100mm a 200mm
<b>Costo</b>	Bajo	Alto	Moderado
<b>Uso</b>	Capa ecológica de protección y elemento de drenaje urbano. No transitable.	Recreativo, se vuelve un elemento paisajístico. Transitable.	Capa ecológica de protección y uso recreativo. Medianamente transitable.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.1.2 Según su propósito:

- *Techos verdes biodiversos o ecológicos especializados:* El propósito principal de este tipo de cubierta es replicar y mantener el paisaje biotipo especializado para conectarse con la estructura ecológica principal y hacer parte de la fauna y flora local. La altura máxima de la vegetación tiende a ser de 200cm y un peso máximo de 430kg en estado saturado [44]. Su principal objetivo está en crear un hábitat con la flota nativa de la región.
- *Techos verdes transitables o ajardinados:* Esta tipología tiene como propósito crear un espacio paisajístico transitable, ya sea para uso recreativo o de contemplación. Estos espacios tienden a estar complementados con especies ornamentales que se combina acabados en material granular y mobiliario [44]
- *Techos verdes huerta:* Su objetivo principal es la producción agrícola, es por ello que se designan áreas de plantación y de circulación para las actividades de siembra y recolección. La implementación de estos requiere de mecanismos de regulación ambiental como corta soles, barreras y viento, y un sistema de riego de respaldo que, se recomienda, recicle agua lluvia captada por el mismo techo, de acuerdo con los parámetros para la siembra productiva [44]. Su principal característica de acuerdo con lo mencionado es la producción de

alimentos, por lo cual requiere gran riego de agua junto a nutrientes y mantenimiento elevado, tienen a tener relación con el techo verde intensivo mencionado anteriormente.

- *Techo verde – Paneles solares:* Este tipo de tecnologías está pensado para instalar paneles que puedan captar y generar energía eléctrica. Están instalados en cubiertas, donde por su ubicación, reciben o están expuestas a muchas horas de radiación solar.

### **3.4.2 Fachadas verdes**

Las fachadas verdes, también conocidos como jardines verticales, son estructuras que permiten el crecimiento de plantas en orientación vertical sobre superficies urbanas como paredes y fachadas de edificios. Estas instalaciones pueden ser utilizadas tanto en interiores como en exteriores, y su objetivo principal es integrar la vegetación en espacios urbanos, mejorando tanto la estética como el microclima del entorno [45].

Las fachadas o jardines verticales son una forma de jardinería urbana que consiste en cubrir muros y otras superficies con plantas para que crezcan de manera óptima. Debido a su belleza e impacto visual, a menudo se consideran un elemento paisajístico destacado en entornos urbanos [42]

Los jardines verticales se convierten en una segunda piel que recubre el edificio o espacio donde este sea implementado, estos ofrecen una amplia gama de beneficios ambientales, sociales y económicos:

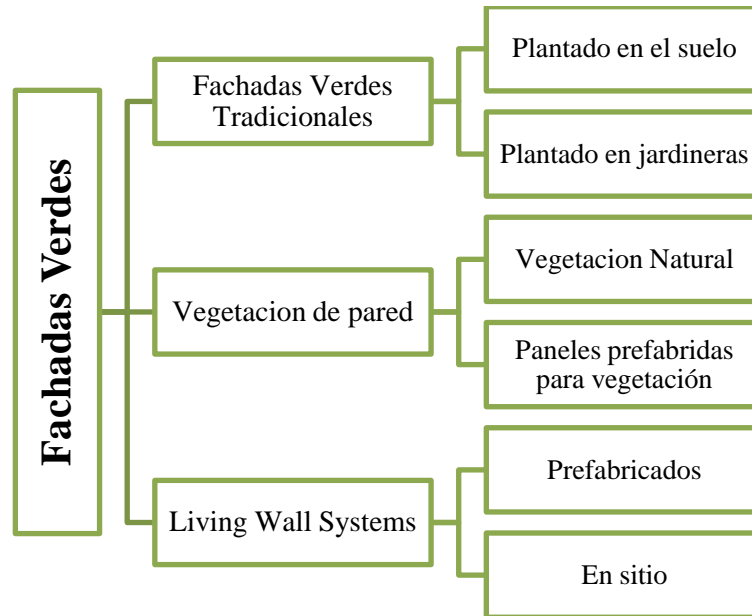
- **Ambientales:** Mejora de la calidad del aire mediante la absorción de CO<sub>2</sub> y la producción de oxígeno, reducción del efecto de isla de calor urbano, y aumento de la biodiversidad urbana.

Sumado a esto, permiten la recolección y el aprovechamiento de aguas lluvias que aporta al equilibrio ambiental. De acuerdo con el sistema implementado, pueden reutilizar aguas para uso doméstico como el riego de jardines [42].

- **Sociales:** Mejora del bienestar mental y físico de los habitantes urbanos, creación de espacios estéticamente agradables y promoción de la educación ambiental.
- **Económicos:** Aumento del valor de las propiedades, ahorro energético debido al aislamiento térmico proporcionado por las plantas, y potencial atracción turística.

La clasificación de las fachadas verdes se da de dos tipos: las fachadas vegetales tradicionales, donde la vegetación esta plantada en el suelo y los jardines verticales/muros vivos, donde la vegetación esta plantada en el muro[46]

Figura 5. Diagrama de sistemas verdes verticales.

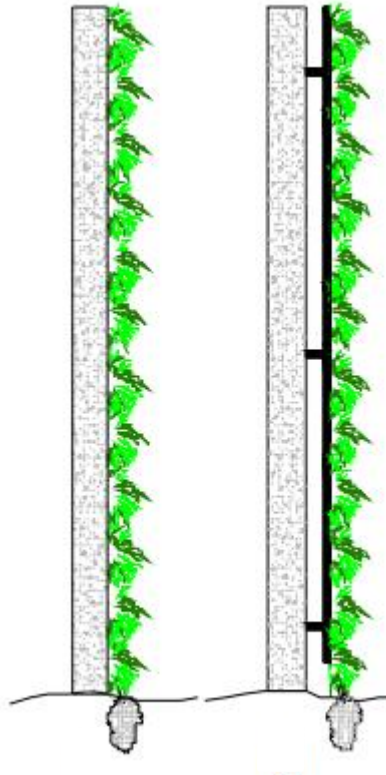


Fuente: Green façades and building structures [46]

### 3.4.2.1 Fachadas verdes tradicionales

- *Plantado en el suelo:* En esta tipología, como su nombre lo indica, las plantas tienen sus raíces en el suelo y se les permite crecer desde el suelo contra las fachadas. Este tipo de fachada verde tarda relativamente mucho tiempo (dependiendo del tipo de planta usada) en cubrir toda la superficie de un muro pues va de acuerdo con el crecimiento natural de la vegetación. No se requiere ningún sistema de riego porque las plantas toman agua de fuentes naturales como el agua de lluvia y el agua subterránea. La Figura 6 muestra el principio de esta tipología de forma directa e indirectamente a la pared [46].

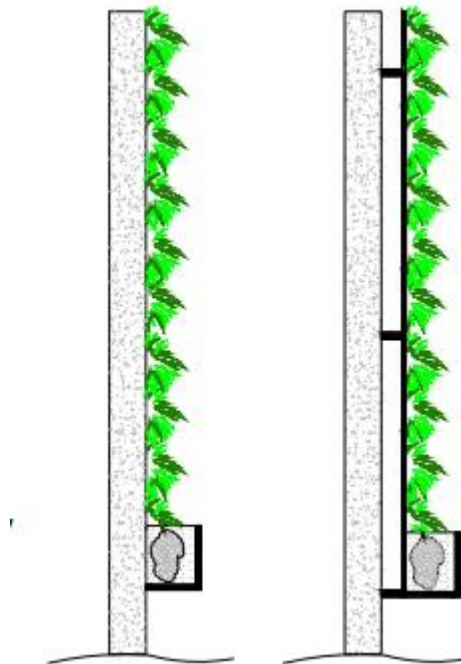
Figura 6. Fachadas verdes directamente desde el suelo.



Fuente: Green façades and building structures [46]

- *Plantado en jardineras:* En esta tipología, las plantas crecen en jardineras que se pueden colocar en la parte inferior de fachadas o como un sistema colgante. Se necesita un sistema de riego continuo para este sistema porque las plantas no tienen sus raíces directamente en el suelo. Debido al pequeño espacio disponible en las jardineras, las raíces de las plantas no pueden crecer ilimitadamente. Por esta razón las plantas crecen hasta un largo y anchos limitados. Por lo tanto, es posible y necesario colocar las jardineras a cada altura del piso para evitar espacios desnudos en la pared. Igual que la anterior tipología, existen dos posibilidades para revestir la fachada con esta técnica, a saber; plantas directamente a la pared e indirectamente a la pared [46].

Figura 7. Fachadas verdes a través de jardineras.



Fuente: Green façades and building structures [46]

### 3.4.2.2 Vegetación de pared

Este tipo de verde vertical se puede encontrar a menudo en muros antiguos, monumentos, edificios en el centro histórico de la ciudad, fortificaciones de castillos en ruinas, etc. El desarrollo de las comunidades vegetales depende principalmente del nivel de desintegración del mortero, hormigón o cualquier otro tipo de material. Tiene una estructura irregular y crece de forma natural y sin ninguna intervención humana[46]

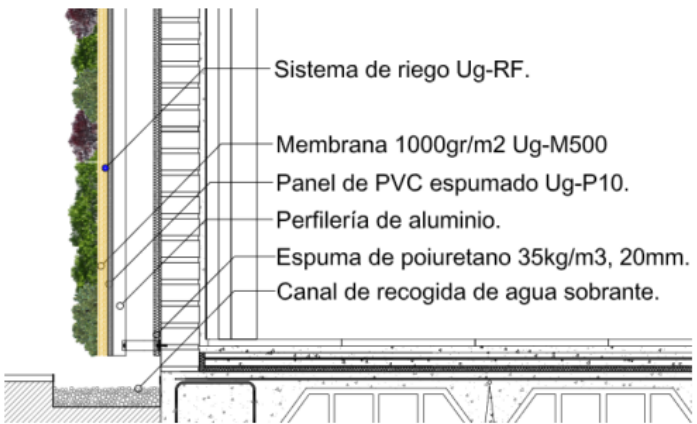
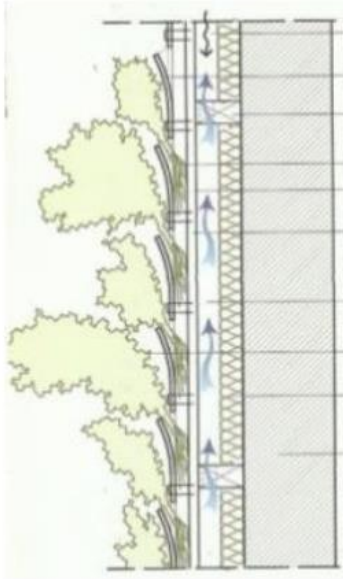
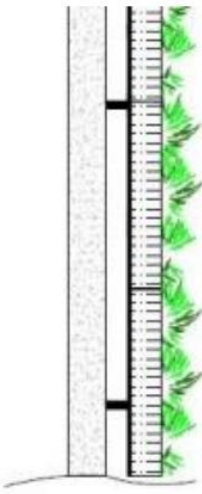
### 3.4.2.3 Living Wall Systems

Esta tipología se puede construir en casi cualquier lugar y en diferentes tamaños. Los sistemas de paredes vivas pueden funcionar en varios climas, como en pleno sol o sombra, y pueden usarse tanto en climas tropicales como templados [47]. Una característica de los sistemas de muros vivos son los sustratos artificiales que se utilizan para permitir el crecimiento de la vegetación a nivel. Debido a la diversidad y densidad de la vida vegetal, los sistemas de muros vivos requieren un mantenimiento más intensivo (agua regular, nutrientes, fertilizantes) que las fachadas verdes (que están enraizadas en el suelo). Los sistemas de paredes vivas también pueden utilizar la estructura de la pared, aunque están

construidos a partir de paneles conectados con vegetación previa o sistemas de tela integrados que se pueden unir a una pared (independiente). Los sistemas de muros vivos no sólo se aplican en exteriores en fachadas y estructuras de ingeniería civil, sino que también se pueden utilizar para aplicaciones interiores en edificios [46].

Tabla 3. Tipología de LWS.

LWS		
Clasificación	Sistemas comerciales	Imagen referencia del sistema
Sistemas con sustrato Pesado (gaviones, maceteros, Contenedores)	Eco-bin Leaf Box Greenwaves system	
Sistemas con sustrato ligero (sistema de bandejas)	Panales plásticos	VGM Green Wall
	Panales metálicos	Green Living Walls

<p>Sistemas Hidropónicos</p>	<p>Espumas (FOAM)</p>	<p>Sistema F+P Living EcoWall Fytowall- Phytogreen</p>	
	<p>Filtros geotextiles</p>	<p>Le mur vegetal (Patrick Blanc)</p>	
	<p>Lanas minerales</p>	<p>GSky Pro Wall System Sistemas Wallflore</p>	

Como se mencionó en el apartado de definiciones del concepto de infraestructuras verdes, estas abarcan una variedad de elementos naturales integrados en el entorno urbano y rural, donde encontramos además de los techos y fachadas verdes, elementos como parques urbanos, jardines internos, humedales para tratamientos de aguas lluvias y corredores ecológicos.

Otros de los elementos que componen las infraestructuras verdes, son:

- Jardines Internos: Espacios dentro de edificios dedicados a la vegetación y paisajismo, creando ambientes naturales que pueden mejorar la calidad del aire interior y ofrecer un entorno más agradable.

*Ejemplos:*

- o Casa Cortina Verde (Mạo Khê, Vietnam): Ubicado en un centro minero de donde se extrae carbón mineral. En el pasado esta zona tenía una baja calidad ambiental debido a las operaciones mineras. Al abordar este proyecto, el foco de atención es crear una casa con un ambiente fresco y cercano a la naturaleza. Todo se centra en el jardín, el estanque de peces y el espacio arquitectónico.

Figura 8. Casa Cortina Verde.



Fuente: Archdaily - <https://www.archdaily.cl/cl/948655/casa-cortina-verde-hгаа>

- Parques Urbanos: Áreas compartidas en comunidades urbanas diseñadas con vegetación, destinadas a la recreación y conexión social, promoviendo un entorno más saludable y sostenible para los residentes

*Ejemplos:*

- Parque High Line (Nueva York, EE. UU.): Un parque lineal elevado construido sobre una antigua línea de ferrocarril, que ofrece espacios verdes y vistas panorámicas de la ciudad.

Figura 9. Parque High Line.



Fuente: The High Line [48]

- Corredores Ecológicos: Áreas conectadas de vegetación que permiten el movimiento y la dispersión de especies.

*Ejemplos:*

- Corredor Ecológico de los Cerros Orientales (Bogotá, Colombia): Conecta diferentes áreas protegidas, promoviendo la biodiversidad y ofreciendo espacios recreativos para los ciudadanos.

Figura 10. Corredor Ecológico de los Cerros Orientales.



Fuente: Archdaily - [https://www.archdaily.co/co/766440/bogota-colombia-corredor-ecologico-y-recreativo-de-los-cerros-orientales/5547f092e58ece50290005ee-bogota-colombia-corredor-ecologico-y-recreativo-de-los-cerros-orientales-imagen?next\\_project=no](https://www.archdaily.co/co/766440/bogota-colombia-corredor-ecologico-y-recreativo-de-los-cerros-orientales/5547f092e58ece50290005ee-bogota-colombia-corredor-ecologico-y-recreativo-de-los-cerros-orientales-imagen?next_project=no)

- **Humedales:** Proceso natural y sostenible que implica el uso de humedales construidos o artificiales para purificar las aguas pluviales contaminadas. Estos humedales actúan como sistemas de filtración biológica, donde las plantas acuáticas, microorganismos y el sustrato del suelo colaboran para eliminar contaminantes y mejorar la calidad del agua.

*Ejemplos:*

- **Humedales de Cheonggyecheon (Seúl, Corea del Sur):** Una restauración urbana que ha transformado una antigua autopista en un arroyo y parque lineal.

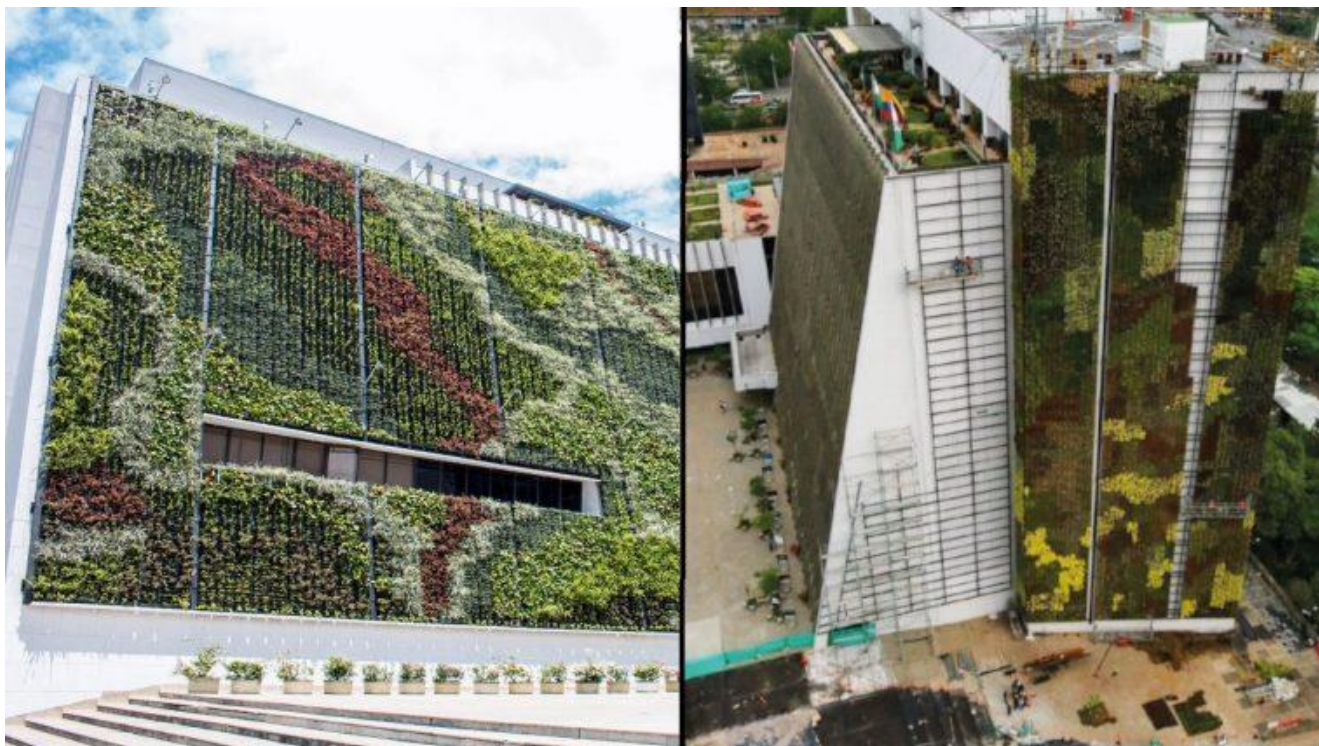
Figura 11. Humedales de Cheonggyecheon.



Fuente:Renaturalización de ríos urbanos en Bogotá: nuevos patrones urbanos que reconcilian ciudades y ecosistemas [49].

Se ha evidenciado que los techos verdes han ido aumentando en las principales ciudades de Colombia, varios edificios tanto privados como gubernamentales, ya han usado estos espacios para mostrar que es posible el uso de estas áreas para el tema ambiental, de temperatura y embellecimiento de la ciudad. En algunas ciudades como Medellín, se contempla que los proyectos de infraestructura relacionada a entidades públicas incluyan en su diseño techos verde, incluso actualmente, como se muestra en la figura 3 que corresponde a dos fachadas verdes en el edificio de la Alpujarra, Concejo de Medellín- Izquierda, Alcaldía de Medellín-Derecha, dando a pie a la implementación en estos espacios públicos

Figura 12. Edificio de la Alpujarra, Concejo de Medellín- Izquierda, Alcaldía de Medellín-Derecha.



Fuente: Tomada del periódico Minuto30 - ¡Qué belleza!, así está quedando el jardín vertical del Edificio de la Alpujarra - 22 abril, 2023, 7:32 pm.

La apuesta se encuentra en el sector público por las políticas públicas que se fortalecen desde los gobiernos locales, pero también hay espacios privados donde le ven el valor de embellecimiento y aplicándolo también ofrece un aporte ambiental al espacio en el que se encuentra.

Figura 13. Edificio apartments – Medellín, Colombia



Fuente: Fotografía propia, Edificio apartments Calle 47D 1-3 en Medellín Colombia.

### **3.5 Ciudades con estrategias de Soluciones Basadas en la Naturaleza para la adaptación climática.**

Varias ciudades europeas han implementado la estrategia de promover infraestructuras verdes a través de políticas gubernamentales, que han tenido impacto sobre el aumento en la implementación de estas, colocando a los países que las implementan como referencia en Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN). Sin embargo, los contras siguen siendo los mismos que hemos mencionado: costos altos, falta de conocimiento acerca de las estructuras sumado a la falta de perfiles profesionales especializados en el tema.

Las políticas publican pueden estar clasificadas en tres categorías: [50]

- Políticas de obligatoriedad
- Política de incentivos
- Política de educación y asesoría

Los países que adoptan estas medidas de manera sólida efectivamente han visto un crecimiento en la construcción de espacios verdes, ya sea en fachadas o cubiertas, y a la actualidad están recibiendo beneficios económicos y sobre todo ambientales.

#### **3.5.1 Alemania**

En Berlín, se ofrecen subsidios a los propietarios de edificios donde se instalen techos verdes, esto conlleva al aumento de la superficie total de infraestructura verde en la ciudad. Se estima que en esta ciudad un total de 20.446 (3,2%) de 629.666 edificios cuentan con un espacio de más 10m<sup>2</sup> destinados a los techos verdes. Aproximadamente Berlín cuenta con 565Ha de techos verdes que representa un 5,4% de la totalidad.

La BuGG (German Association of Building Greening) realizó una encuesta en 191 ciudades donde el 49 de las ciudades (26%) brindan subvenciones directas mediante un programa de subvenciones, 137 ciudades (72%) ofrecen una reducción en la tasa de aguas residuales, y 140 ciudades (73%) tienen normativas en los planes de desarrollo que obligan a la instalación de techos verdes [50].

Tabla 4. Techo verde por habitante en ciudades de Alemania.

Posición	Ciudad	Año de la información	Habitantes	Techos verdes sin aparcamientos subterráneos (m <sup>2</sup> )	índice de techo verde (m <sup>2</sup> techo verde/habitante)
1	Stuttgart	2017	632, 742	2,593,670	4.1
2	Múnich	2016	1,464,301	3,148,043	2.1
3	Frankfurt am Main	2015	732, 688	1,436,371	2
4	Düsseldorf	2020	620,523	972,800	1.6
5	Hamburg	2018	1,121,000	1,684,355	1.5
6	Nuremberg	2015/2008	40,395	59, 450	1.5
7	Hannover	2016	532,864	633,076	1.2
8	Osnabrück	2017	164,374	157,000	1
9	Nürnberg	2016	511,628	450,000	0.9
10	Berlín	2016	3,574,830	2,969,396	0.8
11	Dresden	2018	560,641	463,67	0.8
12	Braunschweig	2008/2010	246,012	186,536	0.8
13	Straubing	2019/2020	48,11	33,617	0.7
14	Karlsruhe	2015	300,051	177,546	0.6
15	Ottobrunn	2016	21,000	9,500	0.5
16	Mannheim	2014	296,69	22,000	0.1
mean					1.3

Fuente: 4.BuGG-Market Report on Building Greening 2021 Green roofs, green facades, and interior greening Germany Publisher. [47]

### 3.5.1.1 Stuttgart:

En la ciudad de Stuttgart han sido pioneros en la implementación de políticas promoviendo la implementación de techos verdes desde 1986, donde existen políticas regulatorias con un sistema de incentivos conocidas como políticas mixtas, algunas de estas son [38]:

- Subsidios financieros por el gobierno, con un incentivo de 10 a 20 euros por m<sup>2</sup> de techo verde, lo que motiva a los ciudadanos a instalar techos verdes. Esta financiación viene de la mano de fuentes estatales para reducir las emisiones de carbono y consumo de energía. El gobierno ofrece de igual forma consultas gratuitas sobre este tema a la comunidad.
- Descuento en la tarifa de alcantarillado para todos los propietarios donde se instalen techos verdes, todo depende del ahorro que se tenga en la edificación.

- La normativa de la ciudad exige la instalación de techos verdes en espacios donde sean técnicamente viables que aplican tanto para nuevas edificaciones como a zonas de planificación urbana.

### **3.5.2 Suiza**

A principios de la década de 1990, la ciudad de Basilea implementó una ley para apoyar las medidas de ahorro de energía. De acuerdo con esta ley, que fue la única de su tipo en Suiza, el 5% de todas las facturas de energía de los clientes se depositan en un Fondo de Ahorro de Energía, que luego se utiliza para financiar campañas y medidas de ahorro de energía. El Ministerio de Medio Ambiente y Energía de la Nación decidió promover los techos verdes utilizando estos fondos. Una investigación del número total de techos verdes resultantes por esta campaña arrojó 1.711 proyectos nuevos de techos verdes extensivos y 218 de techos verdes intensivos.

Otra estrategia surgió cuando la Unión Europea declaró el año 1995 como el de la Conservación de la Naturaleza. Esta conmemoración impulsó la primera campaña de concientización colectiva sobre techos verdes en la ciudad de Basilea, que comenzó en 1996. En el 2006 aproximadamente el 23% del área de techos planos de Basilea era techo verde [50].

En la reglamentación se menciona que el material que se utilice como sustrato sea algo típico de la región, como hummus, tierra vegetal y en lo referente a la estructura entre el sustrato y la capa de filtro, un material granular. La capa de suelo con un espesor de mínimo de 8cm en adelante, para poder tener el espacio útil para generar diversidad y un medio adecuado para el desarrollo de animales como lombrices, igual es espesor del techo verde dependerán de las cargas que pueda soportar la edificación, en caso de que no sean optimas, se pueden instalar módulos pequeños [38].

### **3.5.3 México**

En ciudad de México se instituyó entre 2007 al 2012 la Agenda Ambiental donde uno de sus objetivos fue aumentar la superficie derechos verdes en edificios públicos, dentro de la agenda se establecieron los programas de conservación y restauración de áreas verdes urbanas. En uno de los numerales esta la propuesta de la creación de una norma ambiental donde se establezcan las directrices a seguir para la instalación de techos verdes en la ciudad, donde se exige a nuevas

edificaciones que tengan en cuenta un área destinada a áreas verdes para contrarrestar los efectos del calentamiento global [30].

Encontramos en este país Latinoamericano un proyecto de techos verdes para las oficinas del INFONAVIT (Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores) cuyo objetivo era fomentar la conciencia ecológica y mejorar el sistema de impermeabilización. El área total del proyecto es de 5.266m<sup>2</sup> de los cuales 2.500m<sup>2</sup> corresponden al área verde conformada por diversas plantas nacionales, que fue una instalación con un costo total elevado pero el edificio ha recibido beneficios ambientales, sociales y económicos que se enumeraran a continuación:

- Beneficio ambiental: El poder cultivar las verduras, hortalizas para el autoconsumo, la reutilización de materiales orgánicos a través de la lombricomposta, gestión y utilización de aguas pluviales y sobre todo la disminución de la temperatura del edificio del 10 al 15% junto con la mitigación de la isla de calor urbana [51].
- Beneficio social: Utilizar el espacio con fines educativos para realizar recorridos escolares e incluso permitir el acceso a estudiantes de diferentes países para realizar investigaciones [52].
- Beneficio económico: Los principales van ligados al descuento en el pago del predial y agua hasta de un 30%. De igual forma el techo verde ha permitido la disminución del consumo de energía por el uso en menor medida del aire acondicionado y la calefacción ya que disminuye la temperatura del edificio [51].

Actualmente, la Secretaría de Ambiente de la Ciudad de México en compañía de otras dependencias otorgan un beneficio fiscal, el cual es una reducción del 10% en el impuesto predial a todos los ciudadanos que tengan propiedades donde estén instaladas un sistema de techos verdes en cubiertas de edificios residenciales. Para otorgar este beneficio se deben cumplir con una serie de normativas que establece las secretarías a nivel técnico, condiciones y criterios mínimos de acuerdo con una norma ambiental [51].

A la fecha en México, en materia legal, se cuenta con la Norma Ambiental para el Distrito Federal publicada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), donde se establecen las especificaciones técnicas para la instalación de sistemas de techos verdes.

### **3.5.4 Australia**

En este país, tenemos el caso de tres ciudades (Adelaida, Sídney y Melbourne) donde se llevaron a cabo procesos para promover políticas públicas para la utilización de techos verdes y a su vez la promoción de estos para crear y desarrollar entornos más saludables. Se observa que la mayoría de las políticas se centran en beneficios ecológicos, como la reducción de la escorrentía de aguas pluviales, más que en los beneficios térmicos. Esto se debe, en parte, a la naturaleza dinámica de los valores de reflectancia y emisividad de los techos verdes, que cambian con el tiempo debido a factores como la densidad de la vegetación y el contenido de humedad del sustrato [53]

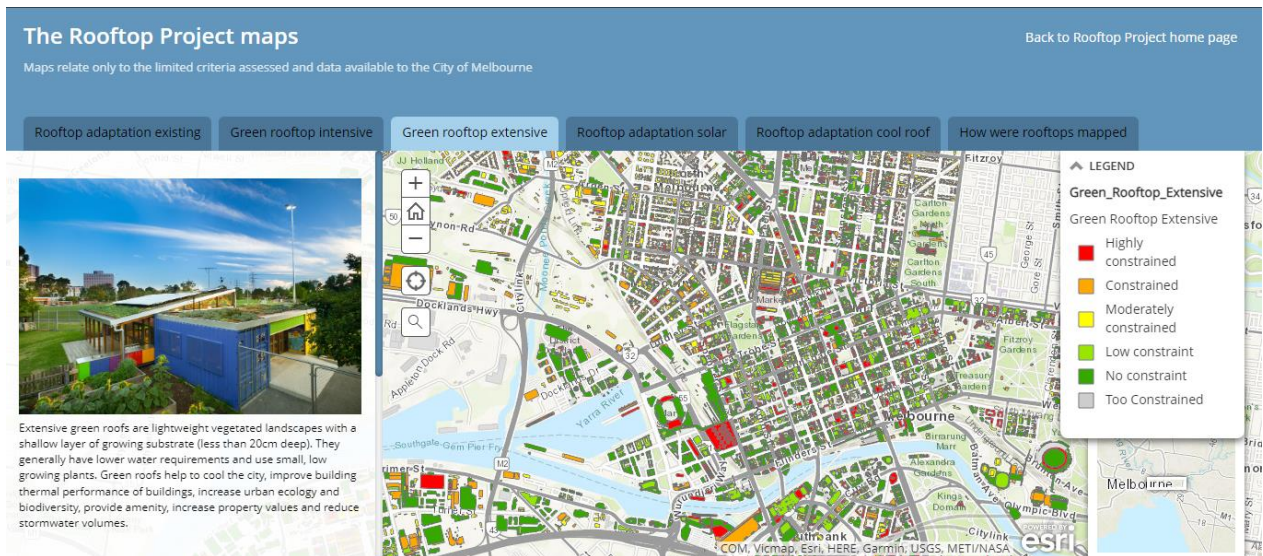
#### **3.5.4.1 Melbourne:**

En esta ciudad, varios concejos municipales, en un principio actuaron en colaboración con el gobierno estatal de Victoria y la Universidad de Melbourne, y desarrollaron una guía técnica para apoyar la planificación, diseño e instalación de techos verdes. Esta guía técnica tiene como objetivo fomentar la adopción de techos verdes mediante la provisión de información técnica y recomendaciones de diseño [53].

Además, se llevó a cabo una revisión de las opciones de políticas para los techos verdes, que identificó varios mecanismos para alentar su instalación. Sin embargo, hasta junio de 2016, y desconociendo el estado actual, ninguna de estas políticas había sido implementada de manera obligatoria por los concejos involucrados. Para promover la instalación de techos verdes y el desarrollo de la industria, la Ciudad de Melbourne organiza regularmente los foros "Canopy", que buscan fomentar el diálogo y la colaboración entre diferentes actores [53].

A nivel nacional, el Green Building Council of Australia ha incluido los techos verdes como una característica acreditable en el sistema de calificación "Green Star - Design and As Built", que es una certificación voluntaria de sostenibilidad para nuevos edificios en Australia [53].

En esta ciudad se ha mapeado todos los tejados construidos para ver si tienen potencial para convertirse en tejados solares, frescos o verdes. En la página se proporciona información relacionada a la tipología de techos verdes instalados, como se puede ilustrar en la Figura 14.



Fuente: <https://cityofmelbourne.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=5c6bf1fc3f094e418e55eb1bce03953e>

### 3.5.4.2 Adelaida:

En esta ciudad se desarrolló un plan a 30 años que comenzó a implementarse en 2017 y busca pensar en una ciudad a largo plazo con formas apropiadas de edificación, más compacta y eficiente, donde se incluyan innovaciones a nivel de sustentabilidad y eficiencia energética e hidráulica, para poder tener en un futuro más espacios que sean habitables teniendo en cuenta las altas temperaturas y el cambio climático. Este plan orienta a la ciudad con un buen diseño urbano, arborizada, con techos verdes que le dan un atractivo visual y vitalidad a la ciudad [54].

Dentro de las políticas promovidas por el plan relacionada a la implementación de los techos verdes son:

- Establecer un equipo multidisciplinario para asesorar el diseño integrado del ambiente construido.
- Establecer los estándares para el desarrollo urbano a través de un control de planeación de acuerdo con el equipo multidisciplinario creado.
- Desarrollar planes para la implementación de desarrollos verdes, donde se establezcan los objetivos y lineamientos para el rendimiento de las edificaciones en cuanto a confort térmico, energía, reciclaje de agua, calidad del aire y mitigación del ruido.
- Asegurar que el diseño de las edificaciones pueda adaptarse de acuerdo con los nuevos requerimientos y así, maximizar la utilización y perfeccionamiento de la infraestructura existente [38].

### **3.5.4.3 Sídney (Greening Sydney Plan)**

La política implementada por esta ciudad está orientada principalmente a las buenas prácticas, ciencia y política, un trabajo acompañado de mano de la comunidad para empoderarlas y que contribuyan a la ecologización de la ciudad, donde se espera que para el año 2030 las emisiones por los GEI se hayan reducido.

Actualmente, las necesidades energéticas de Sídney se suplen en gran parte mediante fuentes de energía no renovables, aunque se están realizando esfuerzos significativos para aumentar la proporción de energía renovable en la matriz energética. En cuanto al suministro de agua, la ciudad depende principalmente de fuentes tradicionales, como embalses y sistemas de distribución centralizados, pero se están desarrollando proyectos para captar y reutilizar aguas pluviales. La movilidad en Sídney sigue estando dominada por el transporte motorizado, aunque se están promoviendo iniciativas para fomentar el uso de bicicletas y el transporte peatonal.

Se espera que para el año 2030 las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) se hayan reducido significativamente. Entre los objetivos a los que apunta el gobierno de Sídney están cubrir el 100% de la demanda energética con fuentes renovables, un porcentaje considerable del suministro de agua a través de aguas captadas, y una movilidad orientada a lo peatonal y bicicleta. El más relevante para este estudio es que los espacios verdes deben contar con una distancia aproximada de 250m entre ellos, con el objetivo de reverdecer las calles y espacios públicos [55].

En el Plan Ambiental de Sídney se establecieron 53 acciones para reducir el impacto ambiental donde se encuentra la construcción de techos verdes, donde se fomenta su construcción a través de proyectos de demostración, orientación y controles de planificación. Todo esto para crear una ciudad verde y habitable, donde se reconoce la importancia de los árboles, ecosistemas diversos y abundantes [56].

### **3.5.5 Canadá**

En Canadá se han trabajado en políticas de eficiencia energética en diversas ciudades, donde en algunas existen incentivos económicos para la promoción de estos proyectos.

### 3.5.5.1 Montreal

En esta ciudad a través del fondo de eficiencia energética se implementaron incentivos de casi 54 dólares americanos por m<sup>2</sup> de techo verde que se construya (este valor ha ido incrementando). Existe un plan maestro que contempla la implementación de techos verdes, donde se establecen objetivos en referente a la temática:

- Promover la arquitectura de calidad: ciudades ecológicas, edificios que respeten la escala humana y tengan relación con el entorno que le de comodidad al peatón [57]. Los edificios deben ser innovadores pero respetuosos con el medio ambiente, se trabaja entonces la construcción según estándares establecidos, donde los edificios residenciales se rige por “NovoClimat” y los no residenciales aplica la norma C-2000. Igualmente se tienen regulaciones para las edificaciones verdes según el sistema LEED, que está desarrollado por Estados Unidos [58].
- Contemplar los techos verdes como solución para mejorar de la calidad del ambiente, buscando mejorar el contexto urbano a través de estrategias que permitan mejorar la calidad del aire, retener agua lluvia, reducir temperatura y otros beneficios de los SUDS. La implementación de los techos verdes corresponde a su fomentación en edificios comerciales, industriales y municipales [58].

### 3.5.5.2 Toronto

En esta ciudad se creó un estatuto para techos verdes desde el año 2009, que rige todo lo relacionado a la construcción de estos a partir del 31 de enero del 2010. Se deja claro en este que los techos verdes son obligatorios para las nuevas construcciones cuya superficie supere los 2000m<sup>2</sup> donde el porcentaje de cobertura de la cubierta depende del tamaño de la edificación, que puede estar entre el 20% al 60% del espacio. Sin embargo, para el caso de la industria, estas tienen un requisito diferente donde deben construir un 10% de techo verde del espacio disponible en cubierta [59].

Otras edificaciones que se encuentran exentas según el estatuto son cuya área de placa sea menor de 750m<sup>2</sup> y los edificios residenciales que tengan menos de 6 pisos o en su defecto 20m de altura. Sin embargo, pueden implementar techos verdes a cambio de una retribución económica por parte del gobierno, pero no es de obligatoriedad. En el estatuto de techos verdes de esta ciudad se establecen y se dejan en claro los requerimientos mínimos y parámetros para su construcción y

mantenimiento, donde se requiere una licencia para su construcción. Todos estos parámetros son congruentes con el Código de Construcción del país [59].

Toronto cuenta con el programa de incentivos llamado The Eco-Roof Incentive Program, donde las construcciones de techos verdes que cumplan los requerimientos recibirán desde \$50 dólares por m<sup>2</sup> construido hasta un máximo de \$100.000 dólares. Los beneficiarios de estos incentivos deben cumplir con una serie de criterios, como lo son:

- Existe prioridad para los edificios ubicados en áreas donde el efecto de isla de calor y el manejo de la escorrentía sea de especial preocupación para la ciudad, es decir, proyectos en zonas críticas.
- Techos verdes es edificaciones de carácter institucional o comercial con área de cubierta de 2000m<sup>2</sup> o inferior, sin embargo, para las de carácter industrial el requisito mínimo si son los 2000m<sup>2</sup> y de ahí en adelante.

### **3.5.6 Estados Unidos**

En Estados Unidos hay dos ciudades como ejemplo sobre incentivos y políticas de promoción para las infraestructuras verdes en el país.

#### **3.5.6.1 Chicago**

Desde el año 2005 en Chicago se implementó un programa de incentivos para la realización de techos verdes, donde en el momento se realizaron alrededor de 20 proyectos. Con el éxito de esta iniciativa, el departamento de ambiente realizo una donación para aportar a proyectos de techos verdes en edificaciones residenciales y comerciales pequeños. Este programa de donaciones del departamento continuó hasta el 2007 donde se respaldaron alrededor de 40 proyectos con un incentivo de casi 5000 mil dólares que se otorgaron.

Todo esto para buscar y lograr una adaptación al clima en un futuro, tomando medidas para mejorar la calidad de vida y creando un atractivo para la ciudad, sin detener o afectar el desarrollo de construcciones a pesar de los impactos climáticos. Los edificios públicos también han sido involucrados en la construcción de techos verdes desde mediados del 2001, se encuentra como ejemplo la azotea del Ayuntamiento (Figura 15) que cuenta con 20,000m<sup>2</sup> y contiene plantas herbáceas, arbustos, enredaderas e incluso arboles [60].

Figura 15. Techo del Ayuntamiento de Chicago(izquierda) y el Consejo del Condado de Cook(derecha).



Fuente: “Adaptation to climate change using green and blue infrastructure. A database of case studies.” [60].

Se incluyó el programa de permisos de Construcción Ecológica dentro del programa Green Building de Chicago, donde tenía como objetivo mejorar el rendimiento de los edificios en torno al clima y que estos se integraran de manera integral y flexible. La iniciativa relacionada a los techos verdes se promueve a través de la entrega de dineros y recursos técnicos, donde la ciudad proporciona hasta \$5000 dólares para la instalación de techos verdes para comercios y residencias a pequeña escala, para el gobierno es importante que cada uno de los constructores que incluya un techo verde reciba asistencia [60]. Las iniciativas incluyen desde edificios hasta callejones de la ciudad e incluso el bosque urbano que compone la ciudad.

### **3.5.6.2 Nueva York**

Desde el año 2007 se implementó el PlanNYC 2030, donde su objetivo principal va enfocado en reducir el impacto de las edificaciones en consumo eléctrico que es casi del 94% del total consumido por la ciudad y su emisión de gases invernadero, que son un 75% en la ciudad. Las iniciativas del plan en lo referente a la construcción de techos verdes son incrementar el equilibrio ambiental en las viviendas que son financiadas por la ciudad, donde se incorpore conservación y autosuficiencia a través de los diseños y el mantenimiento de las viviendas y el espacio público alrededor, construir proyectos público de infraestructura verdes y sobre todo, incluir a la comunidad en todos estos procesos, informar y enseñar sobre el manejo de agua en escorrentías y techos verdes, donde se prevean incentivos por construcciones verdes y se incremente la eficiencia a través de nuevas tecnologías y mejor eficiencia energética en edificaciones tanto actuales como históricas [61]

Respecto a los incentivos que la ciudad ofrece, este se ve reflejado en la disminución de los impuestos durante un año, de los cuales se obtiene un descuento de \$4.5 dólares por pie cuadrado de techo verde construido, hasta un tope máximo de \$100.000 dólares o la totalidad del impuesto del edificio. Claramente existen condiciones para poder aspirar al incentivo que ofrece la ciudad, como lo son:

- Las construcciones que entran en el programa para recibir incentivos deben haber empezado desde el 5 de agosto del 2008.
- Un 50% del espacio del espacio debe estar cubierto por el techo verde.
- La capa vegetal debe cubrir un 80% del área del techo verde, donde se incluyan plantas resistentes a la sequía.
- Se debe certificar la capa vegetal, ya sea por un profesional arquitecto, ingeniero, paisajista u horticultor, registrado y con licencia expedida en Nueva York en una institución acreditada.
- Se debe cumplir con los códigos de construcción y códigos contra fuego en la membrana impermeabilizante y la de aislamiento.
- Contar con capa anti-raíces.
- La capa de drenaje debe estar diseñada que permita que los drenes puedan ser inspeccionados y limpiados.
- Un sustrato de por lo menos 2 pulgadas de espesor, si es menor a 3 pulgadas, se debe contemplar el diseño de una capa de retención independiente para que el sustrato no se seque rápidamente.

Hay que tener en cuenta que se debe presentar el plan de mantenimiento por edificación donde se incluyan inspecciones semestrales, planes para reemplazar la vegetación e inspeccionar drenajes. Se debe garantizar el mantenimiento mínimo 4 años después de la reducción de impuestos [38].

### **3.5.7 Singapur**

El Ministerio de ambiente y recursos hídricos de Singapur ha implementado iniciativas para incluir las cubiertas ajardinadas en el país, donde se espera que para el año 2030 tengan más de 50Ha de techos verdes, entre las iniciativas encontramos [62]:

- El desarrollo de techos verdes en las cubiertas de edificios de parqueaderos en zonas residenciales.
- Se liderará un plan de subsidios a cargo de la Junta de Parques Nacionales, para cofinanciar hasta la mitad de su construcción en puntos estratégicos de la ciudad. De igual forma la Autoridad de Redesarrollo Urbano brindará a los edificios ubicados en zonas de gran actividad una bonificación por el área de superficie que se utilice para la cubierta al aire libre.
- Se adoptará una política de paisaje para incluir la vegetación en los nuevos desarrollos, para integrar el uso de la tierra en la ciudad y en las áreas de crecimiento y expansión. Los nuevos desarrollos deben integrar zonas verdes, en zonas elevadas como cubiertas o a nivel de suelo.

Singapur, busca con todas estas medidas convertirse en una de las principales ciudades de Asia en cuanto a calidad de vida, desarrollarse y pensar en la ciudad como un lugar sustentable y de alta densidad como territorio limpio y verde. Su objetivo es reducir las partículas de aire (PM2.5) y los niveles de dióxido, con un promedio de 0,8Ha de espacio verde por cada 1000 personas y aumentar la vegetación en edificios de gran altura a 50Ha. Todo esto acompañado de la participación comunitaria en la construcción de un espacio limpio, verde y eficiente en el uso de los recursos, creando una responsabilidad ambiental [62].

Basándonos en todos estos ejemplos de países en diferentes continentes que implementan políticas públicas para fomentar y exigir la construcción de este tipo de infraestructuras en sus ciudades, observando que cada una responde a las necesidades particulares del entorno, pero con el objetivo común de hacerlas obligatorias. Es importante resaltar que la mayoría de las ciudades estudiadas mencionan la sensibilización de la comunidad acerca de los beneficios, y es por ello que muchas optan por incorporar inicialmente techos verdes en edificios públicos. Motivar a la comunidad es una parte fundamental del proceso de adaptación de techos verdes proporcionando conocimientos técnicos para formar ciudadanos capacitados para mantenerlos.

En la Tabla 5 se resumen las ciudades mencionadas anteriormente dando un resumen de sus acciones climáticas y de apoyo ambiental.

Tabla 5. Comparaciones políticas gubernamentales de ciudades estudiadas.

Ciudad	Objetivos	Acciones
Berlín	Aumentar la superficie total de infraestructura verde para mejorar la calidad del aire y reducir el efecto de isla de calor	Subsidios a propietarios, reducción en la tasa de aguas residuales, normativas obligatorias de techos verdes para nuevos edificios, promoción de techos verdes a través de campañas informativas, colaboración con universidades para investigación
Stuttgart	Promover la implementación de techos verdes para mejorar la biodiversidad y gestionar el agua de lluvia	Incentivos financieros, descuentos en tarifas de alcantarillado, normativas regulatorias obligatorias para la construcción de techos verdes, programas educativos sobre beneficios ambientales, integración de techos verdes en el planeamiento urbano
Basilea	Apoyar las medidas de ahorro de energía mediante techos verdes, contribuyendo a la eficiencia energética de los edificios	Fondo de Ahorro de Energía, campañas de concientización, normativa de uso de materiales locales, incentivos para la instalación de techos verdes en edificios existentes, programas de capacitación para instaladores de techos verdes
Ciudad de México	Aumentar la superficie de techos verdes en edificios públicos y privados para crear espacios recreativos y mejorar la salud pública	Normativa ambiental, proyectos de techos verdes en edificios públicos, beneficios fiscales, implementación de techos verdes en escuelas y hospitales, colaboración con ONGs para proyectos comunitarios
Melbourne	Promover la adopción de techos verdes para mitigar el cambio climático y mejorar el confort térmico en zonas urbanas	Guía técnica, revisión de políticas, foros de diálogo con expertos, incentivos económicos para techos verdes en edificios comerciales, establecimiento de estándares de calidad para techos verdes
Adelaida	Plan a largo plazo para más espacios habitables con techos verdes, fomentando la sostenibilidad urbana y la resiliencia climática	Equipo multidisciplinario, estándares de desarrollo urbano, planes de implementación para techos verdes en zonas residenciales y comerciales, campañas de sensibilización, evaluación periódica de los resultados
Sídney	Reducción de emisiones y aumento de espacios verdes para mejorar la calidad del aire y promover la biodiversidad urbana	Proyectos de demostración, orientación, controles de planificación, subsidios para la instalación de techos verdes en áreas urbanas densamente pobladas, incentivos para la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías
Montreal	Mejorar la calidad del ambiente urbano y la salud pública mediante la implementación de techos verdes	Incentivos económicos, estándares de construcción ecológica, regulaciones para nuevos edificios, apoyo financiero para renovación de techos verdes en edificios antiguos, desarrollo de una red de expertos y profesionales

Toronto	Regulación y promoción de techos verdes para gestionar el agua de lluvia y reducir las inundaciones urbanas	Estatuto para techos verdes, programa de incentivos Eco-Roof, asesoramiento técnico gratuito, colaboración con empresas locales para fomentar la adopción de techos verdes, monitoreo y evaluación de los beneficios ambientales
Chicago	Adaptación al clima y mejora de la calidad de vida a través de la implementación de infraestructuras verdes	Programa de incentivos, permisos de Construcción Ecológica, asistencia técnica, proyectos piloto en edificios públicos, creación de un fondo de apoyo para techos verdes, formación de alianzas con el sector privado
Nueva York	Reducir el impacto de edificaciones en consumo eléctrico y emisiones, promoviendo la sostenibilidad energética	Incentivos fiscales, proyectos públicos de infraestructura verde, programas educativos en escuelas, integración de techos verdes en políticas urbanas, apoyo técnico y financiero, promoción de la participación ciudadana

Fuente: Elaboración propia.

Los incentivos juegan un papel importante en toda la promoción de techos verdes, ya sea mediante subsidios por m<sup>2</sup> en impuestos prediales o en algunos casos en servicios públicos. Sin embargo es fundamental que el gobierno establezca normativas claras o guías/manuales de diseño de techos verdes, para establecer una lista de parámetros para que los constructores puedan acceder a los beneficios. En Colombia, específicamente desde la Secretaría de Ambiente en Bogotá se proporciona capacitación y acompañamiento para la implementación de este tipo de infraestructura en el gremio de la construcción, como particulares interesados.

#### 4. MARCO NORMATIVO

La implementación de infraestructuras verdes está regida por normativa promovida desde entes internacionales como ONU Hábitat, que busca promover el urbanismo sostenible y hacer que las ciudades inteligentes sean posibles, encontramos en este aspecto dentro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Colombia ha demostrado un compromiso significativo con los (ODS) desde la adopción de la Agenda 2030 por las Naciones Unidas en 2015. Estos 17 objetivos proporcionan un marco integral para abordar los desafíos sociales, económicos y ambientales que enfrenta el país. A continuación, se presenta un análisis detallado del progreso de Colombia en varios ODS, destacando tanto los logros como las áreas que requieren mayor atención relacionado con ecología, conservación y ciudades inteligentes:

- *Agua Limpia y Saneamiento:*

El acceso al agua potable y al saneamiento ha mejorado en Colombia, con el 92% de la población urbana y el 73% de la población rural teniendo acceso a servicios de agua potable en 2020 [63]. La Estrategia Nacional de Saneamiento Básico ha sido crucial para estas mejoras, aunque la financiación y la infraestructura en áreas rurales siguen siendo desafíos importantes.

- *Energía Asequible y No Contaminante:*

Colombia ha incrementado su capacidad de energía renovable, especialmente en energía hidroeléctrica y eólica. El Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 incluye metas ambiciosas para la expansión de energías renovables, buscando diversificar la matriz energética y reducir la dependencia de combustibles fósiles [64]. No obstante, el acceso a energía en comunidades rurales remotas sigue siendo limitado, y se requiere una mayor inversión en infraestructuras amigables con el medio ambiente.

- *Industria, Innovación e Infraestructura*

Colombia ha fomentado la innovación y el desarrollo industrial a través de políticas como la Ley de Ciencia, Tecnología e Innovación, que ha incrementado la inversión en investigación y desarrollo [65]. El país también ha mejorado su infraestructura digital, con un aumento en la cobertura de internet y telecomunicaciones, cruciales para el desarrollo económico y la inclusión social [66].

- *Ciudades y Comunidades Sostenibles:*

Colombia ha desarrollado políticas urbanas sustentables, como el Programa de Mejoramiento Integral de Barrios, que busca mejorar la infraestructura y servicios en asentamientos informales [63]. Las ciudades colombianas, como Medellín y Bogotá, han sido reconocidas por sus iniciativas en movilidad sostenible y espacios públicos verdes [67]. Sin embargo, el rápido crecimiento urbano sigue planteando desafíos en términos de planificación y gestión sostenible.

- *Producción y Consumo Responsables:*

El país ha implementado estrategias para promover la economía circular y el consumo sostenible, como el Plan Nacional de Producción y Consumo Sostenible. La Ley de Residuos Sólidos ha establecido metas para la reducción y reciclaje de residuos, aunque la implementación efectiva y la concienciación pública siguen siendo áreas de mejora [68].

- *Acción por el Clima:*

Colombia ha asumido un papel activo en la lucha contra el cambio climático, adoptando el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático y comprometiéndose a reducir sus emisiones de GEI en un 51% para 2030 [69]. Iniciativas como la siembra de millones de árboles y la promoción de energías renovables son parte de estos esfuerzos. Sin embargo, la implementación y monitoreo de estas políticas requieren un mayor fortalecimiento institucional y financiero.

- *Vida Submarina y Vida de Ecosistemas Terrestres:*

Colombia ha tomado medidas significativas para proteger su biodiversidad marina y terrestre. La expansión de áreas protegidas y la implementación de planes de manejo sostenible en regiones como el Amazonas y el Caribe son ejemplos de estos esfuerzos [70]. Sin embargo, la deforestación y la minería ilegal siguen siendo amenazas importantes para la conservación de los ecosistemas.

Colombia ha realizado avances significativos en la implementación de los ODS, demostrando un fuerte compromiso con el medio ambiente y el desarrollo inclusivo. A pesar de los desafíos persistentes, especialmente exacerbados por la pandemia de COVID-19, el país continúa trabajando hacia el cumplimiento de los objetivos establecidos en la Agenda 2030.

El objetivo 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) busca lograr que las ciudades y los asentamientos sean resilientes y autosostenibles, lo que abre varias puertas y guías para que Colombia ingrese en ese proceso de transformación. A nivel nacional, se encuentran regulaciones y normativas en entes como el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, y a nivel de ciudad se mencionan los Planes de Ordenamiento Territorial (POT), los cuales ofrecen una hoja de ruta para trabajar en el componente ambiental en los próximos años.

Figura 16. ODS alineados a ciudades sostenibles.



Fuente: Reglamentación ecourbanismo y construcción sostenible documento de diagnóstico abril de 2022. Secretaría de Planeación Distrital Alcaldía Mayor de Bogotá [41]

Los ODS se convierten en la principal guía para conseguir un futuro sostenible, ya que estos buscan, a través de estrategias, dar solución a los problemas que se encuentran en ciudades día a día. En base a los objetivos, muchas ciudades se plantean su futuro, es decir, una ciudad que reverdece, que fomenta las energías renovables no convencionales reduciendo y generando ahorros en energías. Por ejemplo, ciudades como Copenhague en Dinamarca han implementado políticas para promover la movilidad sostenible, construyendo extensas redes de carriles para bicicletas y sistemas de transporte público eficientes como el metro.

Asimismo, Barcelona en España ha establecido programas de rehabilitación de edificios para mejorar su eficiencia energética, utilizando materiales responsables con el medio ambiente y tecnologías como paneles solares y sistemas de gestión inteligente de la energía. Estas iniciativas no solo reducen el consumo de energía, sino que también generan empleo y promueven la innovación en el sector de la construcción.

#### 4.1 Marco Normativo Internacional

La preocupación internacional referente a la temática de cambio climático comenzó en 1979 con la Conferencia Mundial sobre el Clima. La intensificación de los estudios e informes sobre el tema llevó a que, en 1988, la Asamblea General de las Naciones Unidas aprobara una propuesta del Gobierno de Malta en la que se solicitaba “la protección del clima para las generaciones actuales y futuras de la humanidad” como una declaración y compromiso para iniciar diversas acciones. Ese mismo año, como prueba concreta del interés por mejorar las condiciones climáticas, se creó el IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), un nuevo organismo dedicado a orientar y evaluar la información científica sobre este tema [71]

##### 4.1.1 Protocolo de Kioto

En la tercera Conferencia de las Partes (COP03) se estableció el Protocolo de Kioto en 1997, cuyo periodo de compromiso abarcaba de 2008 a 2012. Los acuerdos principales incluyeron: reducir las emisiones de GEI en al menos un 5% respecto a 1990, aplicar metodologías para calcular las emisiones de origen humano y proporcionar información suplementaria para demostrar el cumplimiento de los compromisos. Sin embargo, la falta de compromiso de algunos países, especialmente Estados Unidos, impidió su entrada en vigor. El Protocolo se centró en los países

desarrollados, aunque también se solicitó a los países en desarrollo que presentaran un inventario de emisiones por sector para establecer medidas de reducción [71].

#### 4.1.2 Acuerdo de Paris

En 2014, en la ciudad de Lima, se llevó a cabo la COP20 con el objetivo de elaborar un borrador de acuerdo que sería discutido y mejorado posteriormente. En diciembre del año siguiente, durante la COP21 en París, 195 países firmaron el primer acuerdo internacional vinculante sobre el clima. Los acuerdos principales incluyeron: mantener el aumento de la temperatura por debajo de los 2°C, con la meta de 1.5°C, alcanzar cero emisiones netas antes del 2100 mediante medidas de mitigación y adaptación y comprometerse a un apoyo financiero anual de US\$ 100,000 millones de los países desarrollados a los países en desarrollo, cifra que se actualizará en 2025. El Acuerdo de París representa una respuesta internacional vinculante y efectiva en la lucha contra el cambio climático, fruto de una cooperación sin precedentes[71].

#### 4.1.3 Agenda 2030

Esta agenda se centra en erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos, con la premisa de que el desarrollo sostenible debe ser inclusivo y equilibrado. El plan se estructura en torno a 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que abarcan una amplia gama de áreas, desde la salud y la educación hasta la igualdad de género, la reducción de desigualdades, la acción por el clima, y la promoción de sociedades pacíficas e inclusivas. Estos objetivos son universales y aplicables a todos los países, independientemente de su nivel de desarrollo, y buscan abordar los desafíos globales interrelacionados a través de un enfoque integral y colaborativo [72].

La Agenda 2030 representa un compromiso global para lograr un desarrollo sostenible que sea beneficioso para todas las personas y el planeta. Cada uno de los 17 ODS incluye metas específicas a alcanzar para el año 2030, junto con indicadores para medir el progreso. La implementación de la agenda requiere la colaboración de gobiernos, sector privado, sociedad civil y ciudadanos por igual, promoviendo alianzas y movilizando recursos a todos los niveles. Este enfoque holístico y participativo busca transformar nuestras sociedades y economías, garantizando un futuro sostenible para las generaciones presentes y futuras [72].

#### 4.1.4 Nueva Agenda Urbana

Promueve el desarrollo urbano y ciudades más inclusivas, compactas, conectadas y ecológicas mediante la planificación, el diseño, la gobernanza, la legislación y la economía urbana. Resalta la importancia de incorporar en la configuración urbana, en la infraestructura pública y en el diseño de edificios, elementos que impulsen la eficiencia de los costos y el uso de los recursos, fomenten la eficiencia energética, el uso de energías renovables, la resiliencia, la productividad, la protección del medio ambiente y el crecimiento sostenible de la economía urbana.

Asimismo, se reconoce la necesidad de promover la conectividad entre las ciudades y sus alrededores, fortaleciendo la movilidad y el transporte sostenible, así como las redes e infraestructuras que permitan un enfoque urbano y territorial integrado con el medio ambiente. Para alcanzar un desarrollo urbano resiliente y ambientalmente sostenible, se deben promover el diseño y la creación de servicios e infraestructuras, construcciones, edificios y espacios basados en la resiliencia, la eficiencia climática y Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN). Es fundamental fomentar la creación y el mantenimiento de redes bien conectadas y distribuidas de espacios públicos de calidad, abiertos, seguros, inclusivos, accesibles, verdes y de usos múltiples, a fin de incrementar la resiliencia de las ciudades frente al cambio climático y los desastres, como inundaciones, riesgos de sequía y olas de calor [72].

#### 4.2 Marco Normativo Colombiano

##### 4.2.1 CONPES 3305 de 2004: Lineamientos para optimizar la política de desarrollo urbano – Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Está enmarcado a consolidar y pensar ciudades más compactas, resilientes y equitativas. Se hace referencia a la importancia económica y demográfica de los centros urbano, resaltando como estos deben mejorar su entorno, en cuanto a las condiciones de vida y su desarrollo económico y social. Hace mención a los Planes de Ordenamiento Territorial y la necesidad de incorporar la sostenibilidad en el desarrollo urbano de las ciudades, un territorio que disminuye los desplazamientos entre las áreas residenciales y los servicios urbanos y el empleo, favorece la reutilización de infraestructuras y estructuras existentes, promueve la utilización del transporte público y otros medios alternativos [73]

#### 4.2.2 CONPES 3934 DE 2018: Política de crecimiento verdes

Esta política está orientada en mantener e incrementar el crecimiento económico del país, donde se busquen nuevas fuentes de crecimiento ecológicos a partir de bienes y servicios ambientales. Esta política se encuentra enmarcada hacia el año 2030, logrando un aumento en la productividad y competitividad económica.

#### 4.2.3 CONPES 3919 DE 2018: Política nacional de edificaciones sostenibles.

Esta política busca la inclusión de criterios de sostenibilidad dentro del ciclo de vida de las edificaciones, ya sea por medio de instrumentos para la transición, seguimiento y control e incluso incentivos financieros que permitan implementar iniciativas de construcción sostenible. Esta política tiene relación con el ODS 11 mencionado inicialmente y el 12 sobre garantizar modos de consumo y producción sostenible [41]

#### 4.2.4 Estrategia Nacional de Economía Circular - ENEC

Esta estrategia considera los modelos de negocios y ciudades renovables y la implementación de parques industriales ecoeficientes. Se otorga prioridad a fuentes y flujos de energía, promoviendo programas de eficiencia energética en diversos sectores a través de la generación de esta a través de fuentes renovables.

Desde las políticas públicas del Congreso de la República, se han dictado disposiciones para promover la implementación de techos verdes en Colombia, dichas disposiciones tienen como objetivo el desarrollo urbano sostenible y la lucha contra el cambio climático. Dentro de estas se busca por medio del Ministerio de Ambiente, el incentivo para la adopción o implementación de techos o terrazas verdes donde se busca identificar y dar a conocer a público las especies y plantas idóneas para la implementación de estos espacios.

Se tiene como soporte el trabajo que se está haciendo por la aprobación del proyecto de ley del Congreso de la Republica: “Por medio de la cual se promueve la implementación de techos o terrazas verdes y se dictan otras disposiciones”[74]. De igual manera, se encontró distintas leyes promovidas por el Congreso de la Republica que van enmarcadas en construir y pensar en ciudades resilientes y responsables con el medio ambiente:

#### 4.2.5 Ley 2169 de 2021

Menciona que “por medio de la cual se impulsa el desarrollo bajo en carbono del país mediante el establecimiento de metas y medidas mínimas en materia de carbono neutralidad y resiliencia climática y se dictan otras disposiciones.”

#### 4.2.6 Ley 2099 de 2021

Menciona que “por medio de la cual se dictan disposiciones para la transición energética, la dinamización del mercado energético, la reactivación económica del país y se dictan otras disposiciones. Establece priorización de los trámites ambientales para proyectos del sector de energía que cumplan ciertas condiciones.”

#### 4.2.7 Ley de Cambio Climático - Ley 1931 del 2018

Establece las directrices para la gestión del cambio climático en las decisiones de los diferentes agentes públicos y privados del orden nacional, regional y local, para adelantar acciones de adaptación y de mitigación de GEI, con el fin de reducir la vulnerabilidad de la población y de los ecosistemas frente a los efectos del cambio climático (aumentar la resiliencia)[75].

Es importante resaltar que aunque para la implementación de las infraestructuras verdes como tal no existe aún una resolución que abarque el descuento en impuesto o reducción de la renta, la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) establece la Resolución 196 de 2020 donde hace mención a proyectos de gestión eficiente de la energía, menciona que “Por la cual se establecen los requisitos y el procedimiento para acceder a los beneficios tributarios de descuento en el impuesto de renta, deducción de renta y exclusión del IVA para proyectos de gestión eficiente de la energía.”

El Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio emitió la Resolución 549 de 2015 a través de la cual “se reglamentan los parámetros y lineamientos técnicos para la Construcción Sostenible y se adopta la Guía para el ahorro de agua y energía en las edificaciones”. Esta resolución es una de las bases para promover en el país y la industria de la construcción proyectos que reduzcan el impacto ambiental.

Es relevante mencionar en este estudio, la Política de Gestión de Riesgos de Desastres, establecida mediante la Ley 1523 del 2012. Esta política tiene como objetivo principal integrar el concepto de gestión de riesgos en las políticas, planes, proyectos y acciones ejecutadas para contribuir a garantizar la seguridad humana, ambiental y territorial. Entre las acciones propuestas se encuentran: la reforma normativa del Sistema Nacional de Gestión; el fortalecimiento de la capacidad técnica de las entidades territoriales y corporaciones autónomas regionales; la elaboración de políticas estratégicas para la protección financiera ante desastres; el manejo de desastres de baja y mediana intensidad; y la implementación de mecanismos para guiar los procesos de reconstrucción en situaciones declaradas de desastre nacional, entre otras medidas. Para apoyar a las autoridades locales en la elaboración de sus planes de desarrollo territorial, el DNP ha desarrollado un kit que incluye orientación específica sobre la gestión del riesgo de desastres [76].

Tabla 6. Orden Jerárquico de Normativa Colombiana.

Normativo	Ámbito	Objetivo
Constitución Política de Colombia	Espacio publico	Principios fundamentales referente a los derechos sociales, económicos y culturales. Derechos colectivos y del ambiente.
Ley 2169 de 2021	Desarrollo bajo en carbono	Establecimiento de metas para un desarrollo bajo en carbono, con medidas mínimas de carbono neutralidad y resiliencia climática, fomentando políticas y acciones que reduzcan la emisión de GEI.
Ley 2099 de 2021	Transición energética	Disposiciones para la transición energética priorizando los tramites ambientales para proyectos del sector energético, promoviendo la dinamización del mercado y la reactivación económica del país.
Ley 1931 de 2018	Cambio climático	Directrices para la gestión del cambio climático incorporando en decisiones públicas y privadas acciones de adaptación y mitigación, con el objetivo de reducir la vulnerabilidad

		frente a los efectos del cambio climático.
Ley 1523 de 2012	Gestión de Riesgos de Desastres	Integración de la gestión de riesgos de desastres en políticas, planes y proyectos, garantizando la seguridad humana, ambiental y territorial, con énfasis en la prevención y mitigación de desastres.
Resolución 549 de 2015	Construcción Sostenible	Reglamentación de parámetros técnicos para la construcción sostenible, promoviendo el ahorro de agua y energía en edificaciones, fomentando prácticas que reduzcan el impacto ambiental en la industria de la construcción.
Resolución 196 de 2020	Gestión Energética	Establecimiento de requisitos y procedimientos para acceder a beneficios tributarios por proyectos de gestión eficiente de la energía, incluyendo descuentos en el impuesto de renta y exclusión del IVA.
CONPES 3305 de 2004	Desarrollo Urbano	Lineamientos para optimizar la política de desarrollo urbano, fomentando ciudades más compactas, sostenibles y equitativas.  Promueve la mejora del entorno urbano, condiciones de vida, desarrollo económico y social, y la sostenibilidad en el desarrollo urbano, reduciendo desplazamientos y reutilizando infraestructuras existentes.
CONPES 3934 de 2018	Crecimiento Económico	Política de crecimiento verde orientada a mantener e incrementar el crecimiento económico del país mediante nuevas fuentes sostenibles,

		aumentando la productividad y competitividad económica hacia 2030.
CONPES 3919 de 2028	Edificaciones Sostenibles	Inclusión de criterios de sostenibilidad en el ciclo de vida de las edificaciones, mediante instrumentos de transición, seguimiento y control, e incentivos financieros, alineado con los ODS 11 y 12 sobre ciudades y comunidades sostenibles y consumo y producción responsables.
Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC)	Economía Circular	Implementación de modelos de negocios y ciudades sostenibles, priorizando fuentes y flujos de energía renovable y promoviendo eficiencia energética en sectores diversos.

Fuente: Elaboración propia.

### 4.3 Normativa en la ciudad de Bogotá – Orden Municipal

En la ciudad de Bogotá la Secretaría Distrital de Ambiente y la Secretaría Distrital de Planeación emitió dos resoluciones enfocadas a la construcción:

#### 4.3.1 Resolución 3654 de 2014

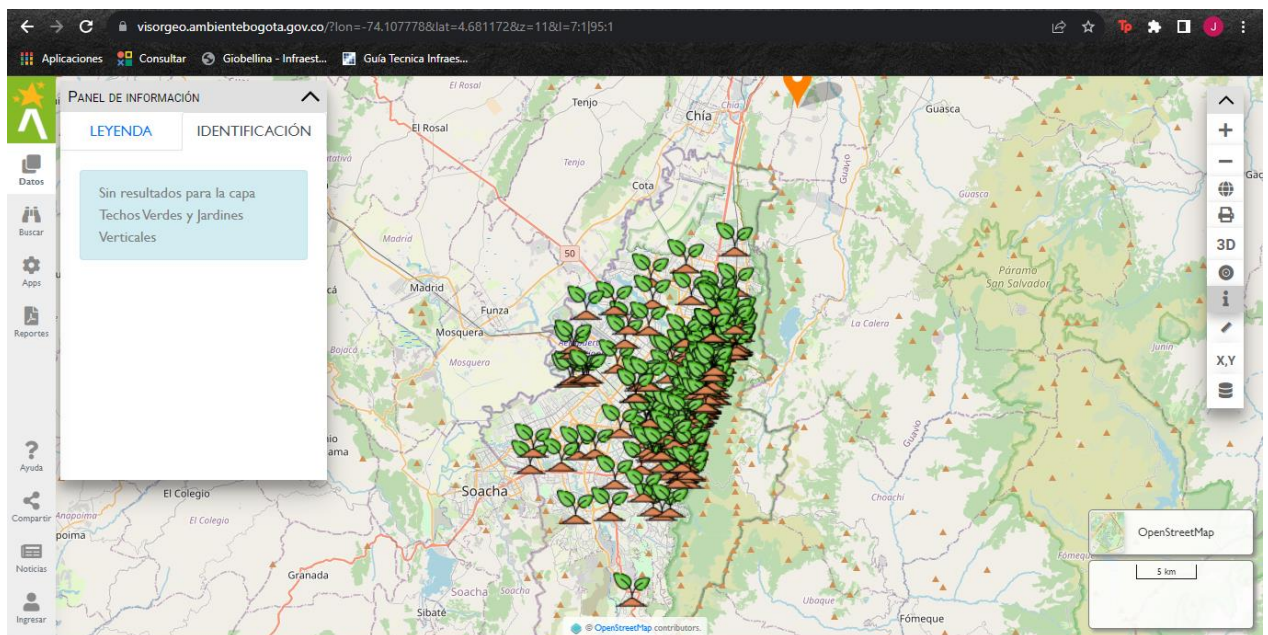
Menciona que “Por la cual se establece el programa de reconocimiento -BOGOTÁ CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE” que busca generar incentivos otorgados por la Secretaría de Ambiente para los proyectos de la ciudad que implementen en su diseño y construcción estrategias de Ecourbanismo y/o construcción sostenible, con el propósito de mitigar el deterioro ambiental y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.

#### 4.3.2 Resolución 1874 de 2019 por la Secretaría de Planeación

Menciona “Por la cual se adopta el Protocolo de Implementación para el cumplimiento de los porcentajes de ahorro en agua y energía para la ciudad de Bogotá D.C., establecidos en la Resolución 549 de 2015 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, y se dictan otras disposiciones”, esto como una herramienta para ayudar a todos los especializados a determinar mecanismos y costos para garantizar el cumplimiento de la reglamentación.

En Bogotá de igual forma, la Secretaría Distrital de Ambiente ha hecho un estudio acerca de las infraestructuras verdes ubicadas en la ciudad, identificando a través de un portal web su ubicación (<https://visorgeo.ambientebogota.gov.co/?lon=-74.110001&lat=4.655577&z=13&l=5:1|95:1>) que contienen a la fecha 287 proyectos de infraestructuras verdes en la ciudad, donde la Secretaría reporta que de estos proyectos, 106 corresponden a la tipología comercial y de servicios, 115 a proyectos de uso dotacional, dos proyectos de uso industrial y un proyecto de espacio público, esto nos demuestra que en el aspecto de espacio público es donde hay un mayor déficit de implementación de estas tecnologías[41]

Figura 17. Portal Web de la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá con la ubicación de techos y jardines verdes en la ciudad.



Fuente:Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá [42].

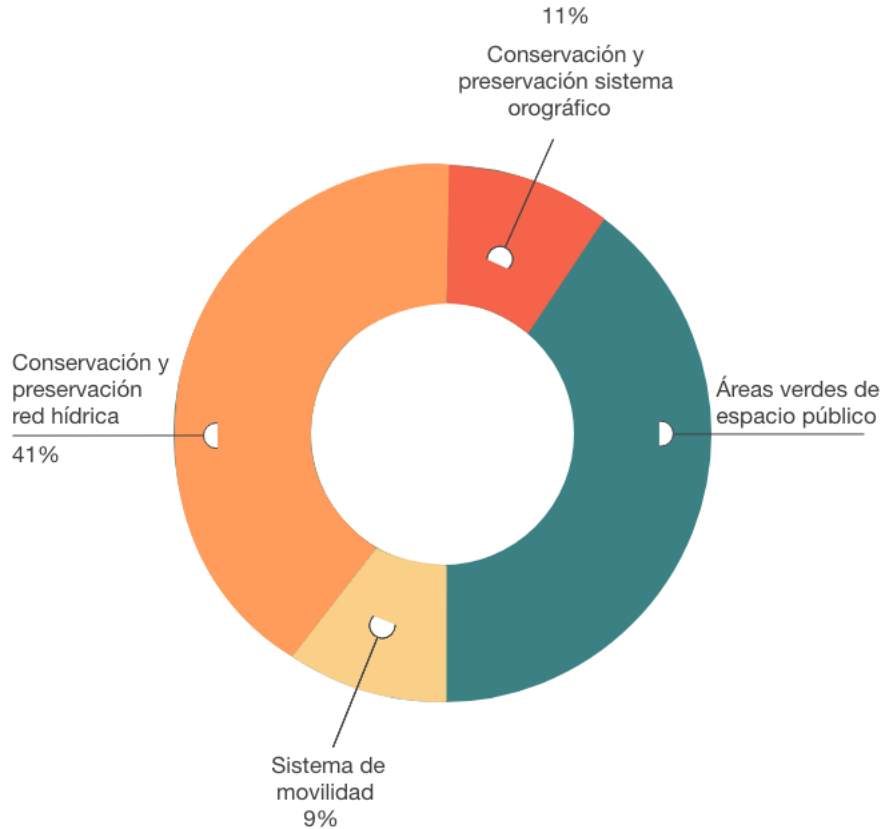
Anualmente el Ministerio de Tecnologías de Colombia (MinTic) también se encuentra llevando procesos de medición para analizar el estado de inteligencia y territorios que tienen las principales ciudades del país, este modelo de madurez permite mirar cómo se encuentran los territorios y a partir de allí orientar los esfuerzos locales hacia el mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos que habitan estos espacios urbanos. Dentro de ello, se miden las 6 dimensiones (calidad de vida, movilidad, economía, medio ambiente, personas y gobernanza).

#### 4.4 Normativa en la ciudad de Medellín – Orden Municipal

Medellín ha establecido el objetivo de consolidar una red de conectividad, que incluye 38 ecoparques de quebrada y aproximadamente 112.74 hectáreas de espacios verdes públicos en corredores ecológicos vinculados a estos (Estimaciones de la Secretaría de Medio Ambiente basadas en reportes de intervenciones de mantenimiento y en zonas verdes administradas por la dependencia)[77]. Sin embargo, estas áreas verdes enfrentan ocupación por actividades residenciales, comerciales y disposición de residuos. Esta situación requiere un proceso continuo de limpieza, mantenimiento y mejora para garantizar la prestación de servicios ambientales. Es una situación problemática, dado que la actualización del "Plan Maestro de Espacios Públicos Verdes Urbanos", realizada por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA) y el Instituto Alexander von Humboldt en 2023 [78], indica que el indicador per cápita de espacio público verde en Medellín es de 4.79m<sup>2</sup> por habitante, una disminución de más de una unidad porcentual en comparación con 2006.

La estrategia de muros y corredores verdes en el Distrito de Medellín sigue siendo una iniciativa clave en el marco de las políticas de territorio urbano inteligente y la mejora del medio ambiente. Estas estrategias forman parte de un enfoque de planificación urbana que busca integrar la naturaleza en el entorno construido, proporcionando beneficios ambientales, sociales y económicos [79].

Figura 18. Composición porcentual de espacio público en Medellín.



Fuente: Anteproyecto plan de desarrollo de Medellín 2024-2027 [80]

Según el inventario de emisiones atmosféricas del Área Metropolitana del Valle de Aburrá para 2022, Medellín alberga el 40% de las fuentes fijas en el área metropolitana, correspondiente a 301 empresas que utilizan combustibles como el carbón en sus procesos productivos. De acuerdo con los inventarios realizados por el AMVA, el 95% de las emisiones de material particulado (PM 2.5) son generadas por fuentes móviles, y dentro de estas, el 61.8% son aportadas por camiones y volquetas [81].

Según el informe anual de calidad del aire, la concentración media diaria anual de este contaminante en las estaciones de monitoreo localizadas en Medellín fue de  $18.7\mu\text{g}/\text{m}^3$  y de  $26.9\mu\text{g}/\text{m}^3$  en la estación de referencia CENTRO-TRÁFICO, valores que superan los niveles máximos permisibles indicados en la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible ( $15\mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM 2.5)[82]. El alto número de vehículos es una de las principales fuentes de contaminación del aire en la ciudad. Según datos de la Secretaría de Movilidad de Medellín, el crecimiento de la flota vehicular de la ciudad durante la última década

fue de 155% en automóviles y 287% en motos, mientras que la población tuvo un crecimiento estimado del 10.4% [83].

Medellín ha puesto en marcha una variedad de estrategias, proyectos y programas destinados a mitigar sus efectos y fomentar la resiliencia de las comunidades. Entre estas iniciativas destaca el Plan de Acción Climática (PAC)[84], desarrollado en cumplimiento de la Ley 1931 de 2018 [75]. Este plan constituye un mecanismo para promover la integración de la gestión del cambio climático en el desarrollo de políticas, programas y proyectos de inversión, en consonancia con los instrumentos de planificación del desarrollo territorial, económico y social.

Dentro del plan de desarrollo de la ciudad de Medellín se plantean tener una ciudad verde, para ello se cuenta con el programa de Desarrollo de estrategias para la renaturalización de Medellín, el objetivo del programa es desarrollar estrategias para la renaturalización y consolidación de la conectividad ecológica mediante la implementación de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) en el Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín.

El programa busca promover la regeneratividad de los ecosistemas urbanos y el desarrollo de estrategias para la renaturalización del Distrito con énfasis en la implementación, planeación, diseño, operación, monitoreo y evaluación de Soluciones Basadas en Naturaleza (SbN) que respondan a desafíos derivados del clima, la contaminación atmosférica, el riesgo de desastres, pérdida de conectividad ecológica, fragmentación y pérdida de zonas verdes, calor urbano y la gestión de la infraestructura verde y la estructura ecológica de Medellín. Este tipo de estrategias buscan asegurar la conservación del territorio priorizando la intervención, fortalecimiento y el incremento de áreas destinadas a la conectividad ecosistémica mediante corredores ecológicos, corredores verdes, ecoparques y parques lineales en el Distrito.

Tabla 7. Indicadores del programa.

Nombre del indicador	Unidad de medida	Año línea base	Línea base	Meta Cuatrienio 2024-2027	Dependencia o entidad responsable
Zonas verdes alternativas intervención para su recuperación	Metros cuadrados	2023	0	4000	Secretaría de Medio Ambiente
Área en corredores verdes de quebrada intervenida para su recuperación y conservación	Metros cuadrados	2023	0	4.000.000	Secretaría de Medio Ambiente
Árboles patrimoniales intervenidos con acciones de conservación	Número	2023	213	600	Secretaría de Medio Ambiente
Obras públicas con lineamientos del plan de renaturalización incorporados	Número	2023	Nuevo	30	Secretaría de Medio Ambiente
Área en corredores verdes de quebrada generada	Metros cuadrados	2023	0	800	Secretaría de Medio Ambiente
Zonas verdes alternativas generadas	Metros cuadrados	2023	0	500	Secretaría de Medio Ambiente

Fuente: Anteproyecto plan de desarrollo de Medellín 2024-2027 [80]

#### 4.5 Normativa en la ciudad de Cartagena – Orden Municipal

Cartagena, a través del Plan de Desarrollo 2024 – 2027, establece los retos propuestos como ciudad, estableciendo entre uno de ellos el referente a proteger los cuerpos de agua, ampliar el número de áreas protegidas, aumentar la tasa de espacio público efectivo, y mejorar la infraestructura vial [85]. Está alineado al enfoque territorial y de sustentabilidad que enmarca este documento, donde se priorizara lo relacionado al ordenamiento territorial, proteger los ecosistemas naturales y mitigar los impactos negativos sobre el clima y el medio ambiente.

Figura 19. Líneas estratégicas del Plan de Desarrollo de Cartagena.



Fuente: Plan de desarrollo de Cartagena 2024-2027 – Cartagena, Ciudad de Derechos [85]

De acuerdo con la línea estratégica 4, se proyecta una ciudad conectada y sostenible, esto implica adaptar la ciudad al cambio climático para mitigar sus impactos adversos, ordenar el territorio alrededor del agua, avanzar hacia los ODS, así como planificar el desarrollo urbano de manera que se minimice nuestra huella ambiental y que se restaure los ecosistemas afectados por el crecimiento urbano no planificado [85].

Un punto importante y relevante es lo relacionado al espacio público y como se implementarán medidas que promuevan su implementación, pero también el aumento de esto en m<sup>2</sup>, el Plan de Desarrollo se enfocará en la planificación y gestión de áreas de uso común para esparcimiento o contemplación, con el objetivo de crear entornos seguros, funcionales, estéticamente agradables y que fomenten la interacción social y el bienestar de los ciudadanos. Se propone un diseño cuidadoso de los espacios públicos, considerando la accesibilidad, seguridad, estética y funcionalidad. Esto incluirá la recuperación de plazas, parques, áreas verdes y zonas de recreación.

Se establecerán normativas y regulaciones para garantizar el respeto a las necesidades y derechos de todos los usuarios, así como la eliminación de barreras arquitectónicas para facilitar la accesibilidad de personas con discapacidades o movilidad reducida [85]. La propuesta del Plan apunta a incrementar a 7,91m<sup>2</sup> de espacio público efectivo por habitante, actualmente son 7,09m<sup>2</sup>.

El programa de generación de espacios públicos revitalizados y adaptados para todos se centra en la creación de nuevos espacios públicos mediante el diseño y construcción de megaproyectos de parques, siguiendo las directrices del CONPES 3718 [86]. Estos espacios deben ser diseñados y ejecutados conforme a normativas técnicas nacionales e internacionales para garantizar el acceso universal. La meta es diseñar y construir seis megaproyectos de parques con criterios de adaptación al cambio climático durante el periodo del Plan de Desarrollo [85] .

En Cartagena, a través del programa “Water as Leverage” se han planteado diferentes proyectos que también van alineados y están contemplados en el Plan de Desarrollo, todos estos enmarcados en la línea de estrategia de ciudades conectadas y territorios verdes, resilientes al cambio climático y ordenadas alrededor del agua. Estas propuestas de proyectos promueven la inclusión social, la protección de la biodiversidad y cuerpos de agua y se centran en aportar a la adaptación y resiliencia climática de la ciudad. Las propuestas presentadas, se encuentran a nivel de diseño conceptual, para posteriormente ser priorizadas y llevadas a análisis de prefactibilidad y factibilidad, financiación e implementación por parte del programa en relación de la Alcaldía de Cartagena [87].

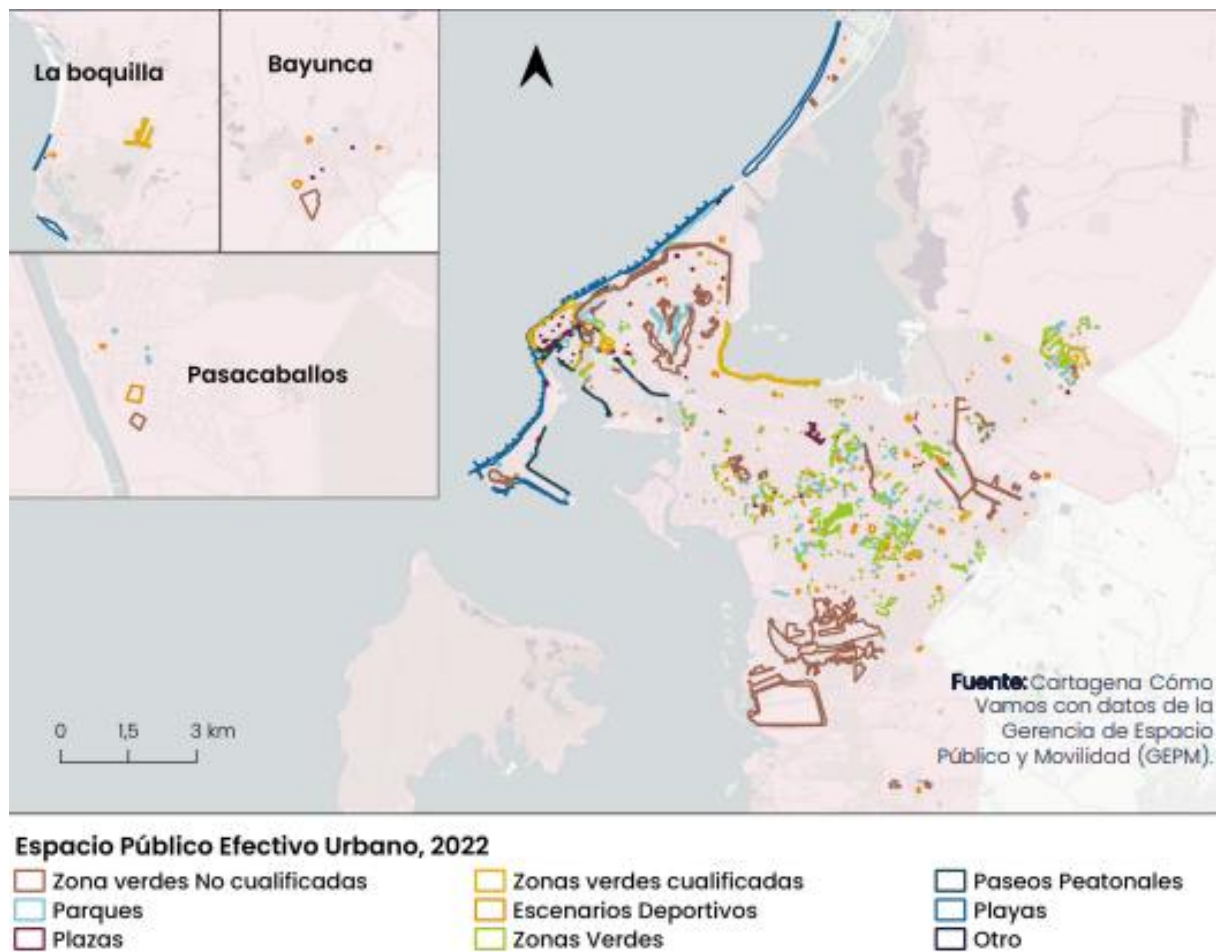
Dentro de los proyectos se pueden resaltar:

- Zona costera Marbella – Crespo
- Zona costera La Boquilla
- Zona de los arroyos (Calicanto Nuevo, San José, La Princesa, Isla de León y El Limón)
- Borde socioambiental Caño Juan Angola
- Parque natural ‘Pescadores de La Bocana’
- Corredor Ecológico y Agrícola de la Ciénaga Oriental

En la ciudad de Cartagena, se encuentran dos entidades que velan por los temas ambientales y de espacio público: Establecimiento Publico Ambiental (EPA) y la Gerencia de Espacio Público y Movilidad (GEMP). Donde se establecen lineamientos para tomar cualquier decisión en este ámbito.

En el EPA, se establecen, por ejemplo, todo lo relacionado a especies de árboles sugeridos para la siembra en espacios de Cartagena como parques, plazoletas mono específicas piso en arena, separadores amplios de avenidas, antejardines productivos, cuerpos de agua, etc. Además de la promoción de proyectos como jornadas de limpieza, proyectos de compostaje, proyecto piloto para el control de intrusión de mareas, estaciones de medición de calidad del aire, optimizadas y funcionales y las intervenciones de rondas hídricas [88].

Figura 20. Espacio Público Efectivo, 2022.

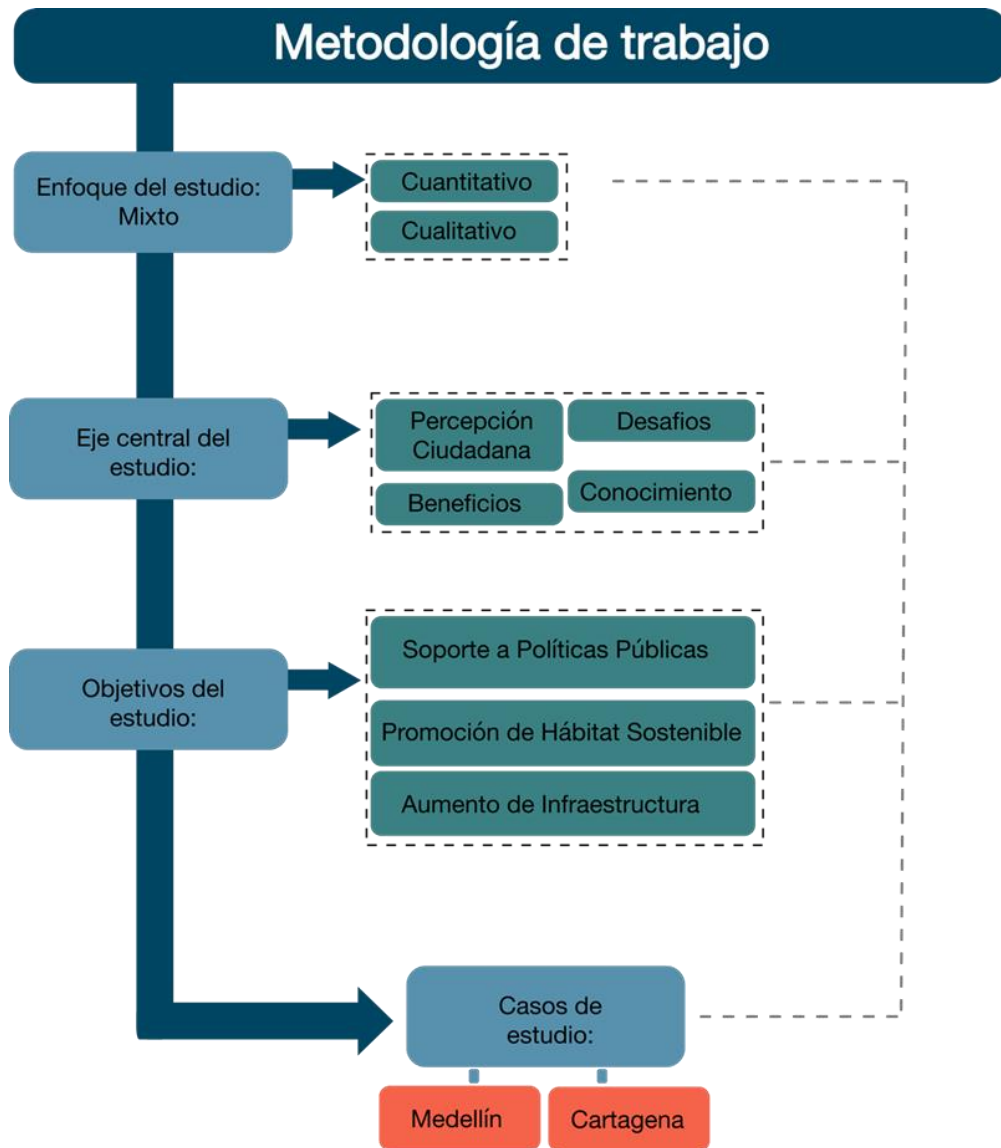


Fuente: Informe Cartagena, Como vamos [89]

## 5. METODOLOGÍA

El estudio empleará un enfoque mixto, combinando métodos cualitativos y cuantitativos para obtener una visión integral de la percepción ciudadana y de las empresas sobre los techos verdes. Esto permitirá una comprensión más profunda de los beneficios, desafíos y el grado de conocimiento respecto a esta infraestructura sostenible.

Figura 21. Esquema de Metodología aplicado en la investigación.



Fuente: Elaboración propia.

El interés se centra en obtener datos cualitativos y cuantitativos que respalden el conocimiento que tienen los ciudadanos sobre a este tema de cuidado y embellecimiento urbano, así en cómo el apoyo de políticas públicas puede contribuir al aumento de este tipo de infraestructura y promover un hábitat sostenible mediante estas alternativas ecológicas. Para ello hemos definido un mapa de actores y las ciudades de estudio para nuestro proyecto:

- Caso de estudio: Ciudad de Medellín y Cartagena.  
Se trabajará en estas ciudades por la proximidad para acceder a la información y a los datos, ya que son los lugares de residencia de los desarrolladores del proyecto, lo que permite una mayor facilidad para la realización de las visitas correspondientes y la obtención de los resultados esperados. Además, estas ciudades se encuentran entre las principales del país y representan condiciones climáticas y sociales distintas, lo que permite una evaluación más comprehensiva y diversa del impacto de las infraestructuras verdes en diferentes contextos.
- Actores primarios: Actores directamente afectados por el proyecto, quienes pueden obtener o perder beneficios como resultado de la investigación.
- Actores Secundarios: Actores cuya participación es indirecta o temporal, como los proveedores de servicios.
- Actores Claves/Estratégicos: Tienen gran influencia en la realización del proyecto, por conocimientos o su posición de poder. Tienen el poder de tomar de decisiones dentro del proyecto y sin su apoyo o participación, este puede no tener gran influencia o relevancia.

Para obtener estos datos proponemos un sistema de encuestas que nos ayudarán a tener una visión más completa de la percepción de la ciudadanía, los cuales serán estudiados y graficados para su comprensión, mediante un análisis tanto cualitativo, como cuantitativo.

### **5.1 Medellín y Cartagena: Contexto urbano**

Medellín y Cartagena son ciudades emblemáticas e importantes de Colombia, cada una con características, contextos y desafíos propios y específicos ligados a temas como geográfica, clima y condiciones ambientales, lo que los vuelve escenarios interesantes para encaminar proyectos de políticas públicas enfocadas en infraestructuras verdes.

### 5.1.1 Medellín:

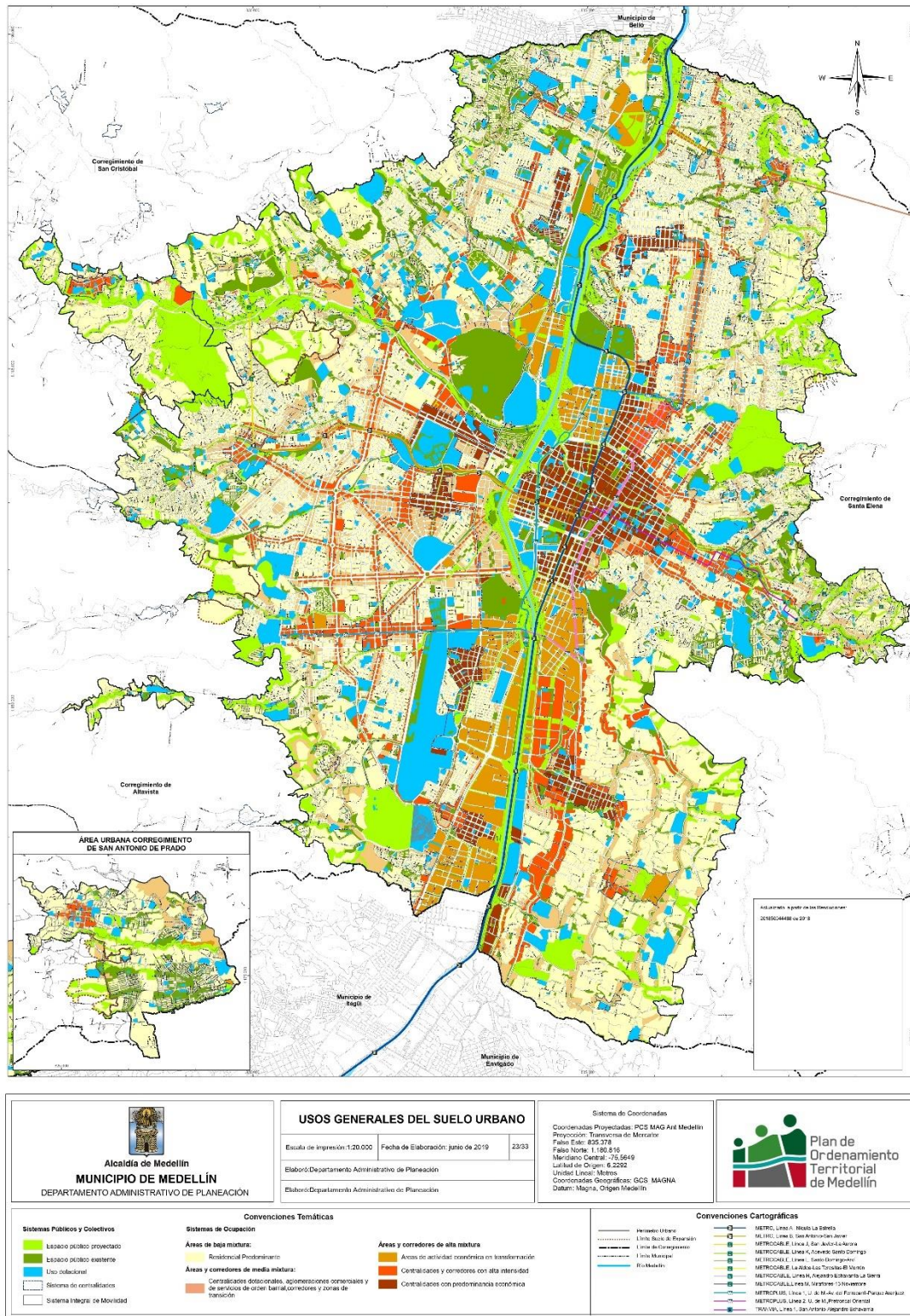
La capital del departamento de Antioquia presenta un topografía montañosa y clima templado, que alberga alrededor de 2'464.322 habitantes. Medellín se encuentra en el centro del Valle de Aburrá con una extensión aproximada de 680km<sup>2</sup>, dividida en su zona urbana por 16 comunas y la zona rural, en cinco corregimientos. Esta ciudad es considerada un referente internacional en innovación tecnológica y social, transformación urbana, equidad y participación ciudadana [90]

En el Plan de Desarrollo del 2015: "Medellín: Un hogar para la vida" se busca el fortalecimiento de la gestión pública, la institucionalidad y el sentido de lo público. Todo esto a partir de dinamizar la participación con una cultura política, el desarrollo municipal y la proyección de Medellín como una ciudad inteligente a través de la innovación tecnológica y social [91], todo esto refleja la actualidad donde vemos esta ciudad como un referente que ha ido cumpliendo con el POT planteado.

Algunos de los aspectos relevantes que ayudan a comprender como funciona y se compone Medellín son:

- Se han impulsado iniciativas de transformación social a través de la renovación de espacios públicos y la promoción de áreas verdes, como el Parque Arví, lo que crea oportunidades para proyectos de infraestructuras verdes y el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes.
- Es la única ciudad en Colombia que desarrolló un Plan de Ciencia, Tecnología e Innovación, donde se han identificado las bases para desarrollar estrategias en cuanto a salud, energía y tecnologías de la información y comunicación [92]
- La Secretaría de Movilidad ha implementado la modernización de sus servicios y el sistema inteligente de Movilidad, donde se le ha dado prioridad y se ha trabajado sobre el tema de la cultura como factor importante para su conservación. La Secretaría se dio a la tarea de la creación del Centro de Control de Tránsito donde se trabajó en la detección electrónica de infracciones, cámaras de monitoreo de tránsito, sistema de apoyo a la red de semáforos y el sistema del control para el transporte público [90]

Figura 22. Uso de suelo urbano de Medellín.



Fuente: Secretaría de Planeación - Plan de Ordenamiento Territorial de Medellín.

Desde varios años, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA) ha asumido el compromiso de preservar sus espacios públicos verdes como parte fundamental de su salud ecológica. En el año 2006, el AMVA elaboró el primer Plan Maestro de Espacios Públicos Verdes Urbanos (PMEPVU) como parte de sus responsabilidades como autoridad ambiental urbana. Este plan, reconocido por su sólida base técnica, ha sido clave para proteger los espacios verdes urbanos, considerándolos elementos esenciales en la estructuración territorial y en la gestión de riesgos naturales, así como fundamentales para la resiliencia climática.

Con el paso del tiempo, se decidió actualizar este plan maestro, estableciendo una colaboración estratégica con el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Esta institución se ha propuesto fortalecer su trabajo con autoridades ambientales, sectores productivos, gremios y empresas para impulsar prácticas innovadoras en la gestión de la biodiversidad hacia el año 2030.

Por ello, ambas entidades firmaron un convenio el 14 de diciembre de 2021 para unir esfuerzos técnicos y administrativos en la actualización del Plan Maestro de Espacios Públicos Verdes Urbanos del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, con horizontes de corto (2024), mediano (2028) y largo plazo (2032).

Para presentar los avances de esta investigación, representantes de ambas entidades, junto con funcionarios de administraciones municipales, académicos, grupos ambientales y ciudadanos, se reunieron el 26 de julio en Medellín en un evento donde se analizaron los progresos y desafíos enfrentados desde 2006.

Para la ciudad de Medellín el indicador per cápita de espacio público verde, pasó de 6,17m<sup>2</sup>/hab en 2006 a 4,79m<sup>2</sup>/hab en 2022 según fuente del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA), esto quiere decir que hubo una disminución de más de una unidad porcentual en el indicador; lo cual puede estar relacionado con las fuertes dinámicas poblacionales (y migratorias) que ha experimentado la ciudad en los últimos años, aunadas al crecimiento exponencial de la urbanización, que no ha estado a la par de la generación de suelo verde.

También se logró establecer que, entre el año 2007 y el 2022, se sembraron más de 153 mil árboles y que el número de especies arbóreas que existen en los espacios verdes urbanos del Valle de Aburrá prácticamente se duplicaron entre 2006 y 2022, pasando de 407 a 767 especies en 2022. Medellín sobresale como el municipio con mayor número de siembras en los diferentes períodos de tiempo.

Las especies más sembradas en estos años fueron: el Guayacán amarillo, el Níspero del Japón, el Guayacán rosado, el Ébano, el Casco de vaca y el Carbonero.

Otro hallazgo importante en el diagnóstico de la flora urbana tiene que ver con la cantidad de especies nativas e introducidas que existe en los espacios verdes urbanos. En este sentido, las especies introducidas disminuyeron su proporción entre el 2006 y el 2022, dando paso a una predominancia de especies nativas.

### **5.1.2 Cartagena**

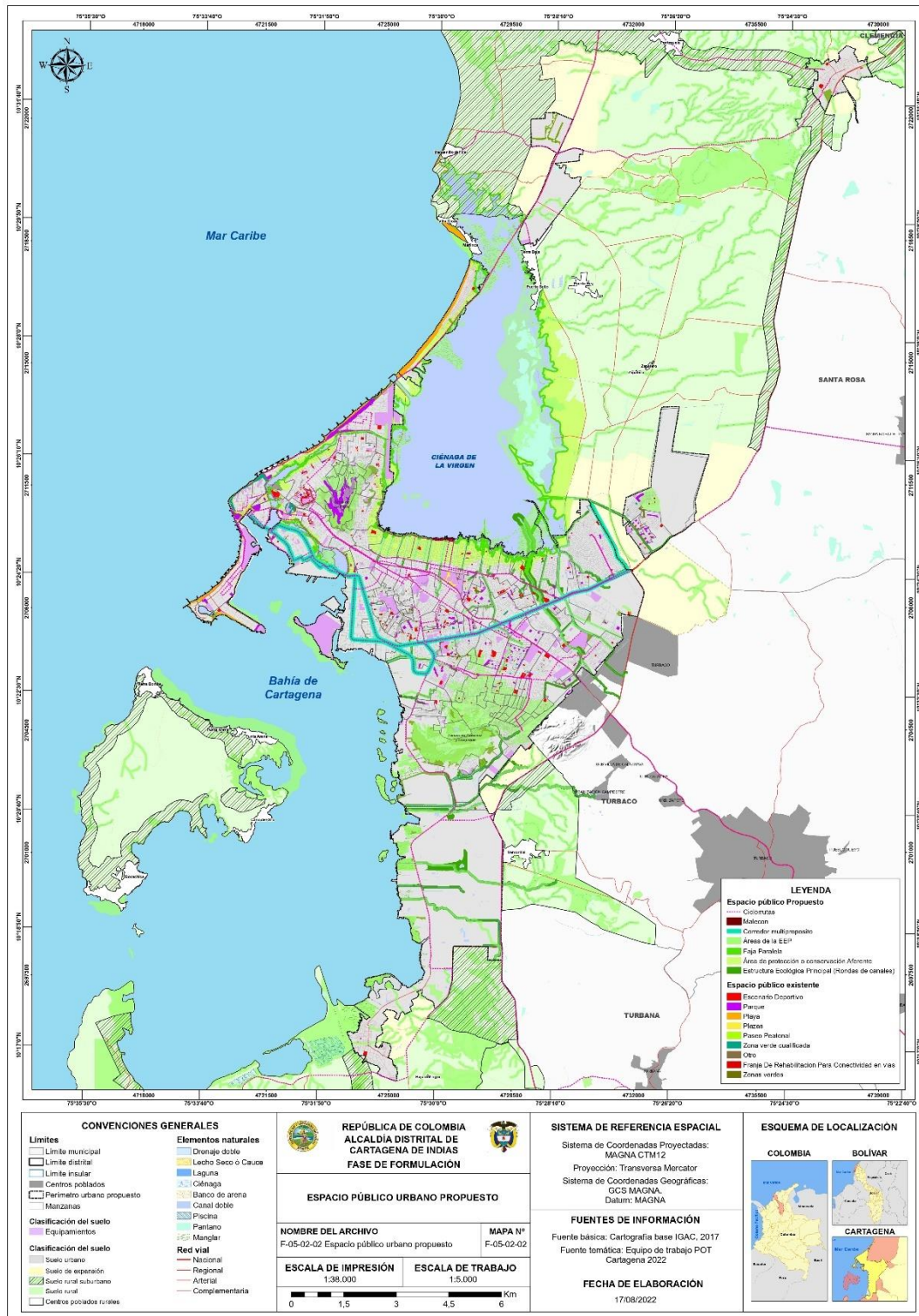
Como ciudad costera y a orillas de cuerpos de agua, el contexto urbano y ambiental en Cartagena es diferente. Los principales aspectos de Cartagena hacen referencia a su patrimonio y su economía, que, en parte, depende del turismo, pero que enfrenta desafíos ambientales por su ubicación y todos los aspectos que interfieren en su desarrollo como ciudad. En la ciudad hay un aproximado de 1'003.685 de habitantes según el DANE[93], en una extensión aproximada de 83.2km<sup>2</sup>, dividida en su zona urbana por 13 UCG y la zona rural, con 25 corregimientos y veredas en la zona continental e insular.

La ciudad enfrenta en la actualidad problemas de orden urbano y ambiental, en parte generado por el aumento acelerado de la población y el crecimiento desarticulado, sin planificación, lo que conlleva consecuencias en la red vial, la segregación socioespacial, el deterioro de los cuerpos de agua, serbios públicos que no abarca todo el casco urbano por el crecimiento y la informalidad de barrios y la baja calidad de vida para una parte de la población [94]

Algunos aspectos relevantes de Cartagena para comprender sus características como ciudad son:

- El patrimonio hace parte fundamental de Cartagena, como muestra de su historia y los hechos vividos en la ciudad. Se convierte entonces en un atractivo turístico lo que conlleva a su preservación, contando así con el Instituto de Patrimonio y Cultura como ente encargado de su conservación. El patrimonio hace parte de la identidad de la ciudad y de sus ciudadanos.
- Al estar ubicada bordeada de costa la ciudad presenta amenazas relacionadas al cambio climático como el aumento del nivel del mar, que es una realidad del día cotidiano en barrios como Bocagrande donde se hacen trabajos para evitar la erosión. Al igual que en barrios que se encuentran sobre la Ciénaga de la Virgen, en su mayoría de la UCG 6, que en época de invierno sufren de fuertes inundaciones. Esto, también trae grandes beneficios a la ciudad, el principal y más destacado sería lo relacionado a la flora y fauna que encontramos, que va desde diferentes tipos de manglares en las zonas de la ciénaga hasta corales y diversidad en la vida marítima.
- Actualmente, Cartagena lleva 20 años con el mismo POT, lo que conlleva a que se tenga una ciudad desorganizada y es por eso que las acciones tanto públicas como privadas deben ir orientadas a construir un modelo de ciudad integral, donde se aproveche todos los recursos ambientales como los cuerpos de agua, a partir de los cuales se puede empezar a definir una morfología urbana de la ciudad.

Figura 23. Espacio Público Urbano Propuesto



Fuente: Secretaría de Planeación Distrital – Cartografía de espacio público Urbano - REVISIÓN Y AJUSTE DEL PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE CARTAGENA DE INDIAS D. T. Y C.

En la ciudad se han venido desarrollando proyectos relacionados a infraestructuras verdes como los siguientes, liderados en su mayoría por entidades de la Alcaldía Mayor.

- **Proyecto "Barrio Sostenible":** El Establecimiento Público Ambiental (EPA) Cartagena está implementando el proyecto "Barrio Sostenible" en tres barrios de la ciudad: El Pozón, Boston y La María, donde el objetivo es lograr el ordenamiento ambiental y adaptación al cambio climático para la sustentabilidad ambiental en estos barrios.  
El proyecto incluye temas como prácticas para el uso eficiente del agua, manejo adecuado de residuos sólidos y líquidos, arborización o cubiertas urbanas, espacios públicos de calidad y gestión de inundaciones por lluvias extremas.
- **Verde Distrito Cartagena:** El EPA Cartagena trabaja en la restauración y mejora de espacios verdes en la ciudad y cuenta con proyectos como el Sistema de Arbolado Urbano y la Galería Ambiental de Siembras contribuyen a la infraestructura verde y el embellecimiento urbano.

En ambas ciudades, la implementación de ópticas de infraestructuras verdes aborda desafíos locales y regionales, donde se incluyen temas como la conservación de la biodiversidad y la resiliencia al cambio climático. Este tipo de proyectos pueden llegar a mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y en puntos de interés por su carácter de mejora de espacio es e inversión.

## 5.2 Definición del público objetivo

Para el desarrollo del proyecto y para cumplir con los objetivos planteados encaminados a promover la implementación de infraestructuras verdes y la sostenibilidad en Medellín y Cartagena es crucial abordar actores clave que pueden influir e incluso actuar como intermediarios en la promoción de estas políticas. Por lo tanto, se contempla la perspectiva desde residentes de edificios, empresas que trabajan techos y fachadas verdes, y entidades gubernamentales que son las que promueven la implementación. Todos estos actores desempeñan un papel en la construcción de un futuro más sostenible.

- **Residentes de edificios:** Conocer la percepción de los ciudadanos es un punto crucial para el desarrollo del proyecto, ya que ellos son los que habitan los edificios y espacios donde se implementan o se implementarán las infraestructuras verdes. Es primordial trabajar en ciudades más verdes para las comunidades. La adopción de prácticas sostenibles comienza con los ciudadanos, por lo tanto, es fundamental crear en ellos la cultura y el conocimiento sobre este tipo de infraestructuras para promover su conservación.

Para definir a qué ciudadanos específicamente se les aplicará la encuesta, se tiene en cuenta el tipo de edificio en el que residen. Los tipos de edificios se pueden clasificar en varios aspectos:

- Tipos de edificios: Los edificios residenciales pueden clasificarse en diferentes categorías, como edificios de apartamentos, condominios, casas multifamiliares, y viviendas unifamiliares.
- Número de residentes: Los edificios de apartamentos y condominios suelen tener un mayor número de residentes comparados con las casas multifamiliares y viviendas unifamiliares. Esto es importante porque los edificios con más residentes pueden tener una mayor capacidad para adoptar y mantener infraestructuras verdes, como techos verdes comunitarios.
- Materiales: Los materiales de construcción también juegan un papel crucial en la implementación de infraestructuras verdes. Edificios construidos con materiales sostenibles y adecuados para soportar techos verdes (como estructuras de acero y concreto reforzado) son más propicios para este tipo de proyectos.

Entendiendo estos factores, se pueden implementar techos verdes comunitarios en edificios donde todos los residentes, al pagar una administración, contribuyan al mantenimiento de estas infraestructuras. Este enfoque no solo fomenta una mayor participación y responsabilidad compartida entre los residentes, sino que también asegura un cuidado y mantenimiento continuo de las infraestructuras verdes.

- **Empresas del sector con enfoque en Infraestructuras verdes:** Para el desarrollo del proyecto es primordial conocer de primera mano cómo funciona el mercado de

construcción en Colombia. Por ello, es importante establecer contacto con empresas que tengan experiencia en la implementación de techos y fachadas verdes. Estas empresas pueden proporcionar información clave sobre costos, beneficios y otros aspectos relacionados con la implementación de estas infraestructuras. Es crucial conocer la percepción de este sector respecto a la implementación de políticas públicas que promuevan este tipo de proyectos. Además, este sector puede brindar una visión amplia sobre el porcentaje de construcción con infraestructuras verdes que se está desarrollando actualmente.

- Es relevante destacar que, aunque el enfoque del proyecto está en Medellín y Cartagena, es esencial conocer en qué otras ciudades se están impulsando más el cuidado por el medio ambiente en la construcción. Las soluciones y tecnologías que estas empresas implementan juegan un papel fundamental en la creación de entornos urbanos más respetuosos con el medio ambiente.
- **Entidades gubernamentales/ONG:** La promoción de proyectos enfocados en el equilibrio ambiental está estrechamente ligados a entidades gubernamentales y algunas ONG que promueven estas iniciativas, a menudo con incentivos. Estas entidades lideran el camino hacia un desarrollo sostenible a través de prácticas, políticas y regulaciones que son fundamentales para la creación de entornos verdes.

El gobierno y estas organizaciones disponen de los recursos financieros necesarios y significativos para apoyar proyectos e iniciativas responsables con el medio ambiente, incluyendo las infraestructuras verdes y su promoción, con el objetivo de conservar el medio ambiente. Trabajar con entidades que tienen influencia directa y poder sobre la toma de decisiones ayudará a comprender cómo podría ser la implementación de este tipo de políticas públicas que promuevan la sustentabilidad de las ciudades.

En Colombia existen diversas ONG con enfoque en apoyar proyectos de este tipo. Sin embargo, también es importante establecer y conocer de primera mano la opinión de entes gubernamentales, no solo a nivel nacional, sino también en las ciudades de estudio.

Todas estas entidades, tanto públicas como privadas, tienen una influencia significativa en el desarrollo de proyectos que promuevan las prácticas del cuidado por el medio ambiente

y, en algunos casos, promocionan financiamiento para su implementación. Por lo tanto, representan un público de gran relevancia para el desarrollo del proyecto.

Todos estos actores, desde el ciudadano hasta las organizaciones, desempeñan un papel fundamental en la implementación exitosa de políticas de conservación y cuidado ambiental. Este enfoque involucra a todas las partes interesadas y fomenta la colaboración en proyectos comunes. Es evidente que todos estos actores son esenciales para impulsar este tipo de políticas. En el caso de los entes gubernamentales y no gubernamentales, tienen la capacidad de crear un marco normativo sólido, movilizar recursos financieros, coordinar esfuerzos y proteger el bienestar de la sociedad y el medio ambiente. Además, las empresas, como principales constructoras de infraestructuras verdes, también desempeñan un papel fundamental. Por supuesto, los ciudadanos, quienes habitarán y disfrutarán de los beneficios ligados a las infraestructuras verdes, también son parte integral de este proceso.

### **5.3 Metodología de recolección de datos**

Como se mencionó anteriormente, este estudio adopta un enfoque mixto, combinando métodos cuantitativos y cualitativos para evaluar el conocimiento y la percepción pública sobre infraestructuras verdes en Medellín y Cartagena, así como para analizar las políticas públicas y los incentivos gubernamentales. La metodología se estructura en tres fases principales: encuestas, entrevistas y análisis documental.

#### **5.3.1. Fase Cuantitativa: Encuestas**

Evaluar el conocimiento y la percepción pública sobre infraestructuras verdes en Medellín y Cartagena, analizando el nivel de comprensión y los beneficios percibidos por los residentes.

Se diseñará una encuesta estructurada con preguntas cerradas y algunas preguntas abiertas para capturar datos cuantitativos y cualitativos sobre el conocimiento, percepción y actitudes hacia las infraestructuras verdes en la plataforma Kobotoolbox.

Para el desarrollo de la encuesta se pensó en una estructura que permitiera inicialmente obtener una información demográfica relacionada al nivel educativo y ciudad de residencia, seguido a esto empezar a conocer el conocimiento que tiene el entrevistado sobre infraestructura verde para proceder con la percepción y actitud frente a los beneficios y desafíos asociados a la temática. Se

finalizó con opiniones y en algunos casos, experiencias que han tenido los encuestados frente a la implementación de infraestructuras verdes.

La encuesta fue pensada desde un inicio para ser clara y simple, teniendo en cuenta que una parte de la población encuestada son residentes que pueden no tener conocimiento, es por ello que incluso se añadieron imágenes de referencia de los conceptos utilizados.

- Enlace encuesta para residentes: <https://ee.kobotoolbox.org/x/AZnsFdD4>
- Enlace encuesta para constructores: <https://ee.kobotoolbox.org/x/L0MjkuyG>
- Enlace encuesta para sector público/ONG'S: <https://ee.kobotoolbox.org/x/FeUPgWcE>

Las encuestas se desarrollaran en línea, utilizando la plataforma digital mencionada para alcanzar a una mayor cantidad de participantes.

### **5.3.2. Fase Cualitativa: Entrevistas**

Evaluar la percepción y aceptación social de las infraestructuras verdes mediante entrevistas empresas constructoras y expertos en el tema de infraestructuras verdes, gestión del riesgo y cambio climático.

Se desarrollará una guía de entrevista semiestructurada que abordará temas clave relacionados con la percepción y aceptación de las infraestructuras verdes, experiencias personales, y sugerencias para mejorar su implementación. Las entrevistas se realizarán de manera virtual a través de Microsoft Teams, grabándose y transcribiéndose para su posterior análisis. Se garantizará la confidencialidad y anonimato de los participantes.

Para la selección de la muestra, se utilizará un muestreo intencional. Se identificará a los participantes basándose en criterios específicos como su conocimiento y experiencia con infraestructuras verdes, su rol en la comunidad (ciudadanos, autoridades locales, expertos en medio ambiente, etc.), y su disposición a participar en el estudio. Este enfoque garantiza que se obtenga una variedad de perspectivas relevantes y significativas para el objetivo del estudio. Se garantizará la confidencialidad y anonimato de los participantes.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

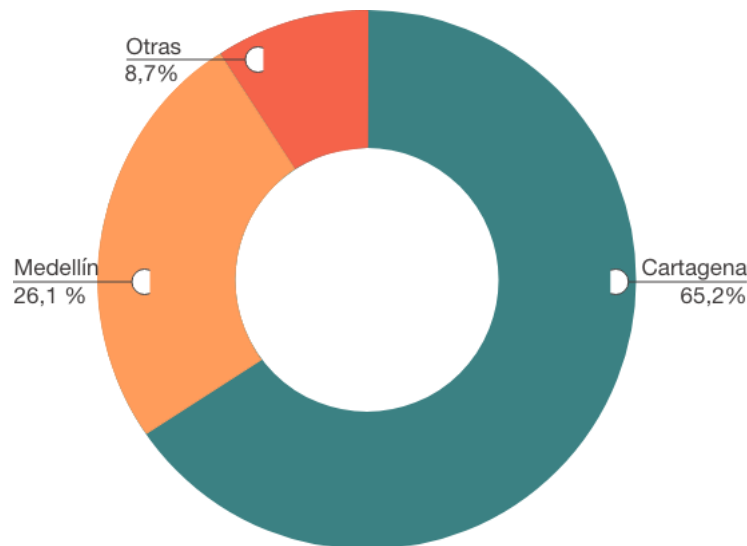
En esta fase final del estudio, se llevó a cabo un análisis exhaustivo de los datos recolectados durante las fases anteriores de la encuesta. El objetivo principal fue interpretar los resultados y obtener conclusiones significativas que respondieran a las preguntas de investigación planteadas inicialmente.

Los datos fueron limpiados una vez se concluyó la aplicación de las encuestas. Los datos cualitativos fueron categorizados y tematizados, mientras que los datos cuantitativos fueron organizados en tablas y gráficos. Los resultados del análisis fueron interpretados en el contexto del marco teórico y las hipótesis de la investigación.

### 6.1. Resultados de encuestas a residentes de ciudades de Colombia.

Se llevaron a cabo un total de 45 encuestas respondidas por parte de residentes de ciudades de Colombia, en especial en las ciudades de Cartagena y Medellín, donde se recibieron la mayoría de las respuestas, (30 y 12, respectivamente). Además, participaron 4 personas de las ciudades de Valledupar y Neiva. Se formularon 19 preguntas con el objetivo de evaluar el conocimiento de la población sobre el término “infraestructuras verdes” y su percepción acerca de su implementación.

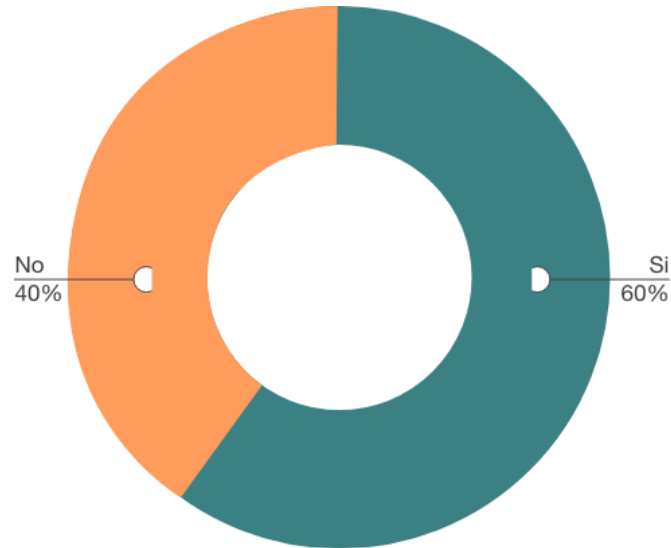
Figura 24. Pregunta 1: ¿En qué ciudad se encuentra ubicado?



Fuente: Elaboración propia.

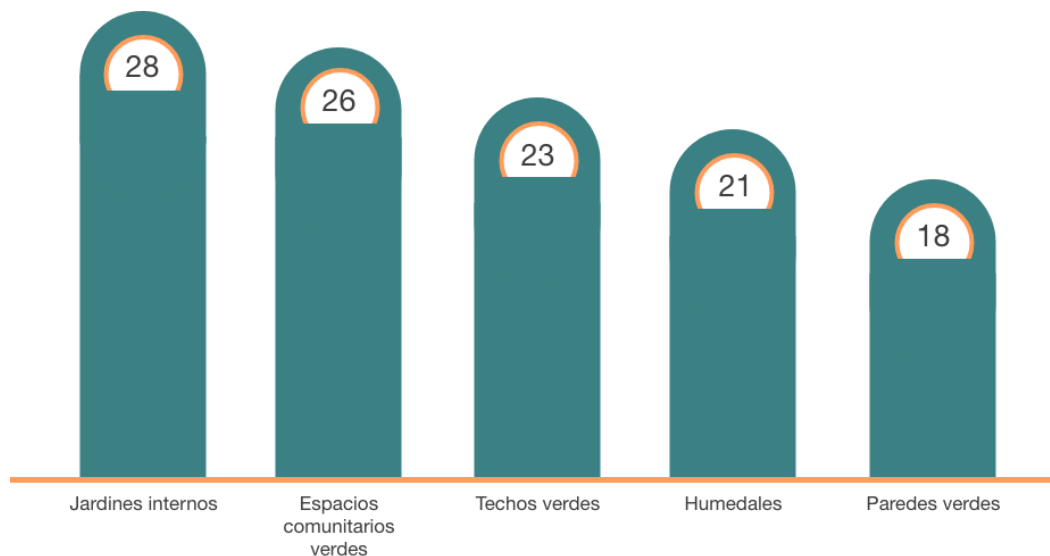
Respecto al conocimiento de la población encuestada sobre la temática estudiada, el 60% afirma tener ideas sobre a qué hace referencia el término “infraestructuras verdes”, mientras que el 40% restante desconoce el tema. Estos resultados indican que aún existe falta de conocimiento acerca del tema de infraestructuras verdes y, por ende, de sus beneficios ambientales y económicos.

Figura 25. Pregunta 2: ¿Conoce usted sobre la temática de infraestructuras verdes?



Fuente: Elaboración propia.

Figura 26. Pregunta 3: ¿Qué tipo de infraestructuras verdes te gustaría ver implementadas en tu ciudad?

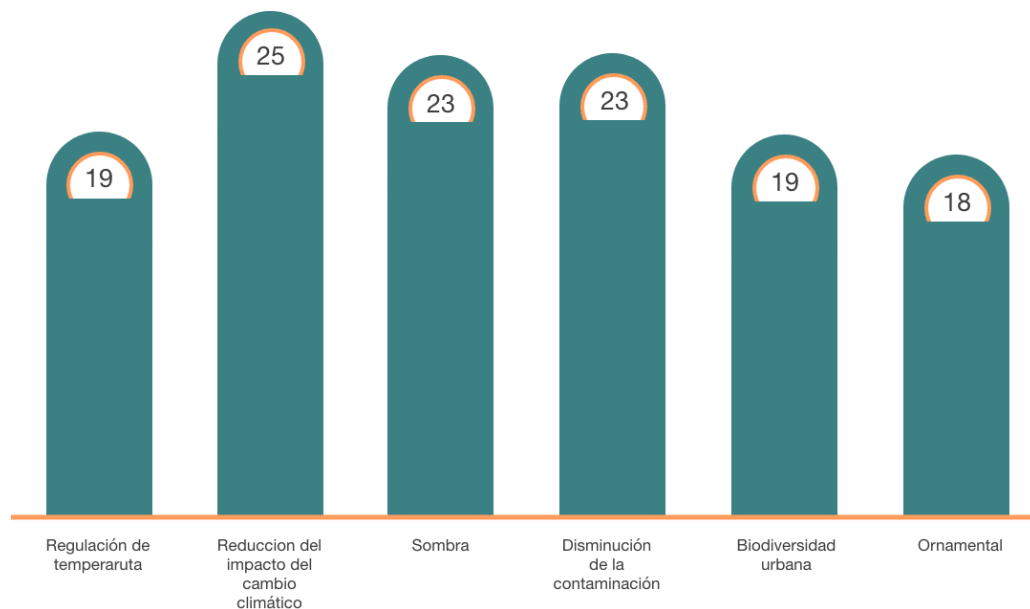


Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede notar que existe un interés en la implementación de jardines internos (28) seguidos de espacios comunitarios verdes (26), techos verdes (23), humedales para tratamiento de aguas lluvias (21) y paredes verdes (18). Sin embargo, a pesar del potencial de las infraestructuras verdes para mejorar la calidad de vida urbana y mitigar los impactos ambientales, su adopción en las ciudades es limitada. Por tanto, resulta imperativo proporcionar directrices claras y accesibles para su implementación en entornos urbanos, especialmente en áreas de uso público. Estas pautas pueden fomentar una mayor integración de tecnologías y prácticas responsables con el medio ambiente, promoviendo ciudades más resilientes y habitables para todos.

En el desarrollo de la encuesta, se recolectó información respecto a los beneficios que los residentes consideran que podrían tener la implementación de este tipo de infraestructuras estudiadas, donde predominó la regulación de la temperatura (29) buscando tener un clima más confortable, la reducción del impacto del cambio climático (25) fue el segundo beneficio más considerado por los encuestados seguido de sombra (23), disminución de la contaminación (23), biodiversidad urbana (19) y por último un tema más ornamental (18). Estos resultados reflejan la diversidad de motivaciones y preocupaciones de la comunidad respecto a la implementación de soluciones verdes en su entorno urbano.

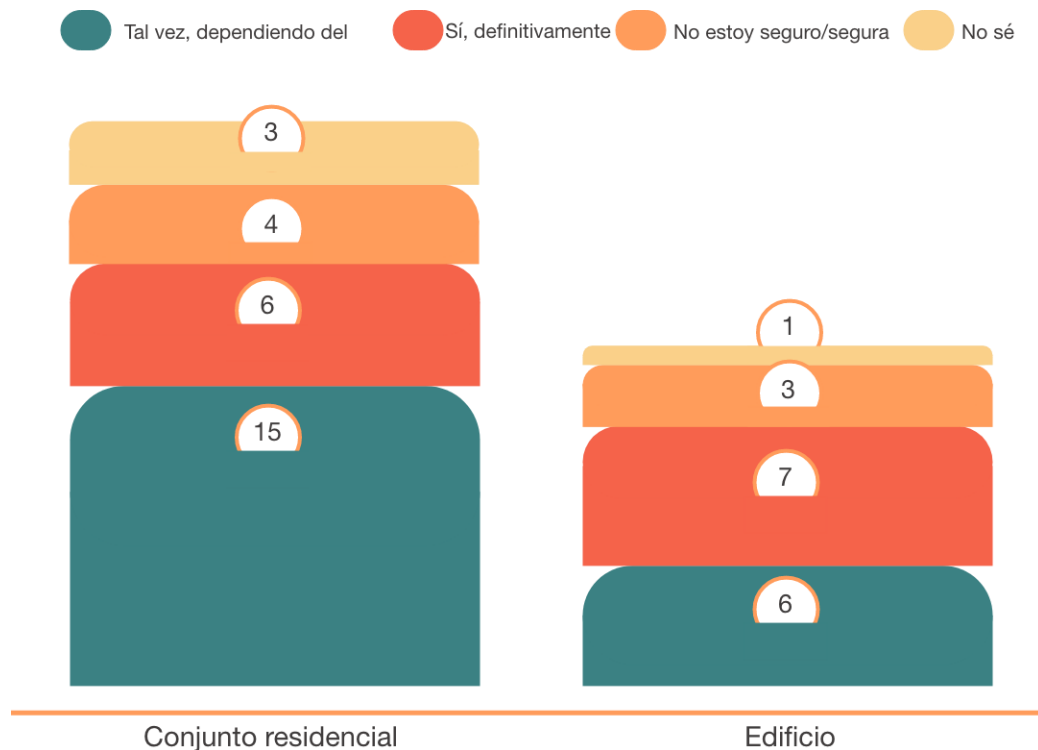
Figura 27. Pregunta 4: ¿Cuáles son los beneficios que usted considera que las áreas verdes y el arbolado en general aportan a la ciudad?



Fuente: Elaboración propia.

Con la encuesta se buscaba indagar sobre la disposición de la población entrevistada para implementar infraestructuras verdes relacionando esta pregunta con el tema de costos de instalación y mantenimiento en el tipo de lugar donde reside, principalmente conjuntos residenciales y edificios que inicialmente pagan un concepto de administración mensual. Los resultados obtenidos demuestran que tal vez sería implementado dependiendo del costo (21), definitivamente (13), no estoy seguro (7) y no sé (4).

Figura 28. Pregunta 5: ¿Estarías dispuesto/a pagar por gastos de instalación y mantenimiento por este tipo de infraestructura en tu edificio?

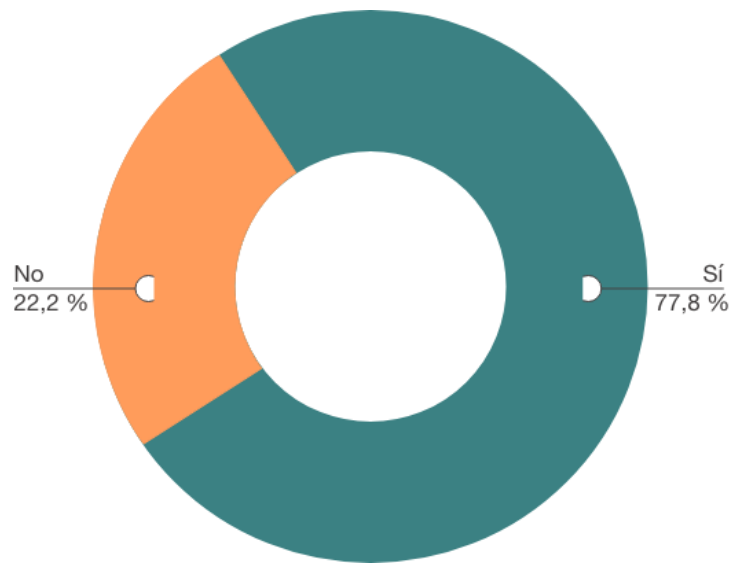


Fuente: Elaboración propia.

Por último, la encuesta incluyó brindando las preguntas relacionadas con el conocimiento de los residentes sobre cómo las Infraestructuras verdes podrían mitigar el cambio climático y regular la temperatura del entorno. El 77% expresó conocer este beneficio que aporta al mejoramiento de espacio público y calidad de vida. Respecto a las políticas e incentivos por parte de las autoridades locales para la construcción de infraestructuras verdes, el 84% afirmó no conocer sobre incentivos de promoción de esta temática por parte de entidades gubernamentales y es evidente que existe una necesidad de proporcionar una orientación más clara y efectiva en lo que respecta a la adopción de

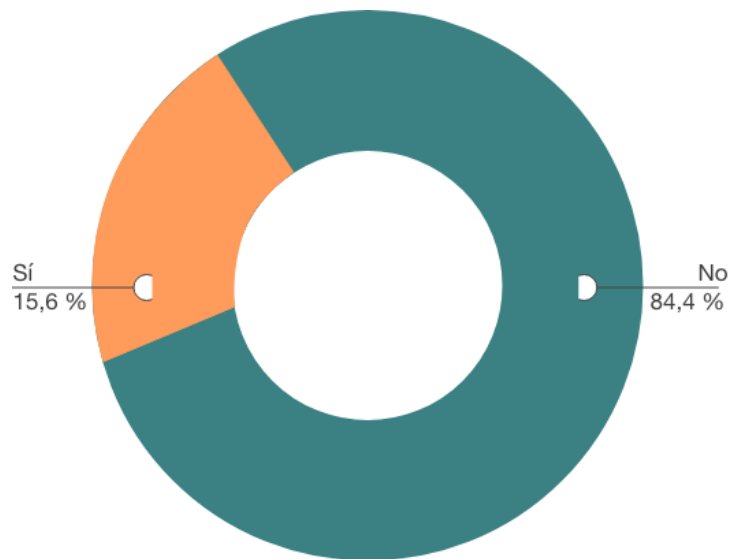
estrategias de infraestructuras verdes en sus áreas urbanas. La implementación de estas infraestructuras enfrenta obstáculos significativos debido a la falta de conocimiento y recursos adecuados. Por lo tanto, es esencial brindar asesoramiento técnico y apoyo financiero, así como promover la conciencia y la educación sobre los beneficios de las infraestructuras verdes.

Figura 29. Pregunta 6: ¿Sabía usted, que la implementación de infraestructuras verdes aportaría a mitigar el cambio climático y regular la temperatura del entorno?



Fuente: Elaboración propia.

Figura 30. Pregunta 8: ¿Conoce de incentivos por parte de las autoridades locales para la construcción de infraestructuras verdes?



Fuente: Elaboración propia.

## **6.2. Resultados de encuestas a entes gubernamentales y organizaciones privadas de Colombia.**

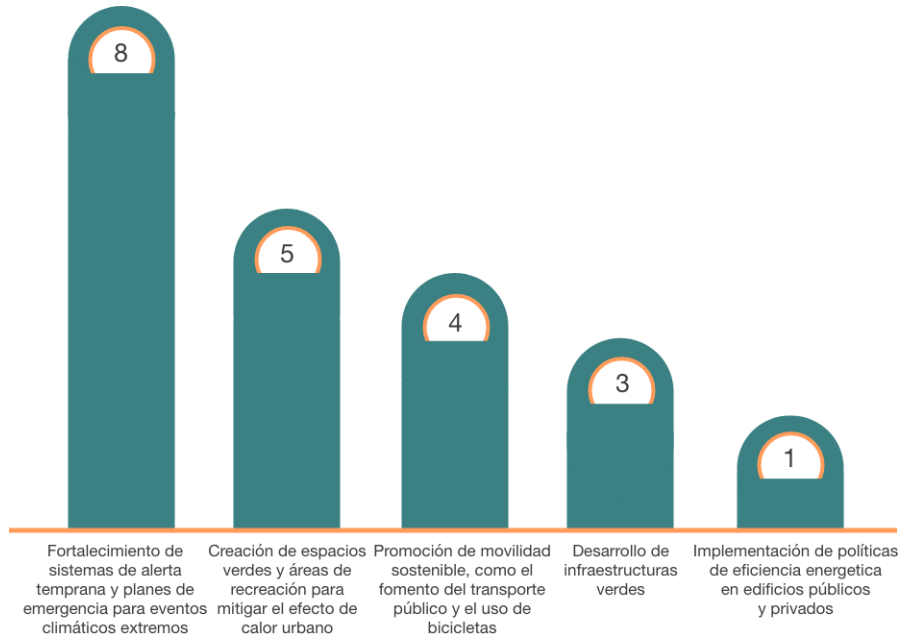
La encuesta contó con un total de 10 resultados por parte de diversas dependencias gubernamentales como la Alcaldía de Cartagena, Gobernación de Bolívar y Alcaldía de Medellín, y por parte de organizaciones privadas que actualmente trabajan esta temática como lo son EMARINT SAS y TYPSA.

Estas empresas mencionadas tienen incidencia en Colombia, EMARINT SAS se encuentra localizada en Cartagena desde el 2017 y se dedica a la construcción de edificios residenciales. Por su parte TYPSA es una multi internacional con más de 50 años de experiencia que tiene presencia en Colombia, ofrece servicios de ingeniería, arquitectura, consultoría y soluciones de infraestructura, energía, medio ambiente y ciudades. Ha trabajado en el desarrollo de proyectos de transporte, agua, edificación, energías renovables y desarrollo rural, desde su concepción hasta su puesta en servicio y operación en diferentes países del mundo.

Se formularon 17 preguntas enfocadas en conocer las políticas, estrategias o proyectos que están siendo implementados por el gobierno local y las organizaciones privadas con la implementación de infraestructuras verdes y adaptación al cambio climático.

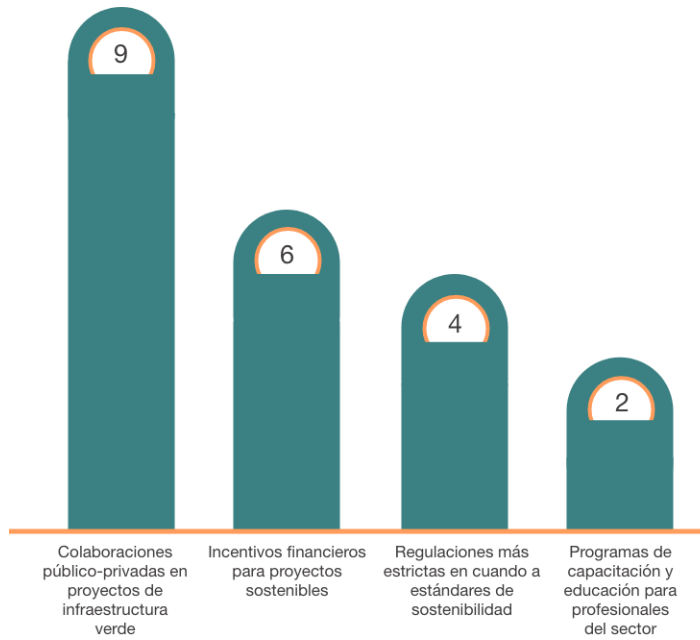
La encuesta reveló que las organizaciones están implementando diversas estrategias de adaptación al cambio climático. La principal estrategia consiste en fortalecer los sistemas de alerta temprana y los planes de emergencia para eventos climáticos extremos (8), a través de talleres y reuniones con enfoque en la gestión del riesgo. Además, se están creando espacios verdes y áreas de recreación en el espacio público para mitigar el efecto de isla de calor urbano (5). Otras acciones incluyen la promoción de la movilidad sostenible mediante el fomento del transporte público y el uso de bicicletas (4), así como el desarrollo de infraestructuras verdes y la implementación de políticas de eficiencia energética en edificios públicos y privados. En cuanto a las políticas públicas más efectivas para promover infraestructuras verdes, se destacan las colaboraciones público-privadas en proyectos de infraestructura verde y los incentivos financieros para proyectos medio ambientales.

Figura 31. Pregunta 1: ¿Qué estrategias está implementando su ciudad para la adaptación al cambio climático?



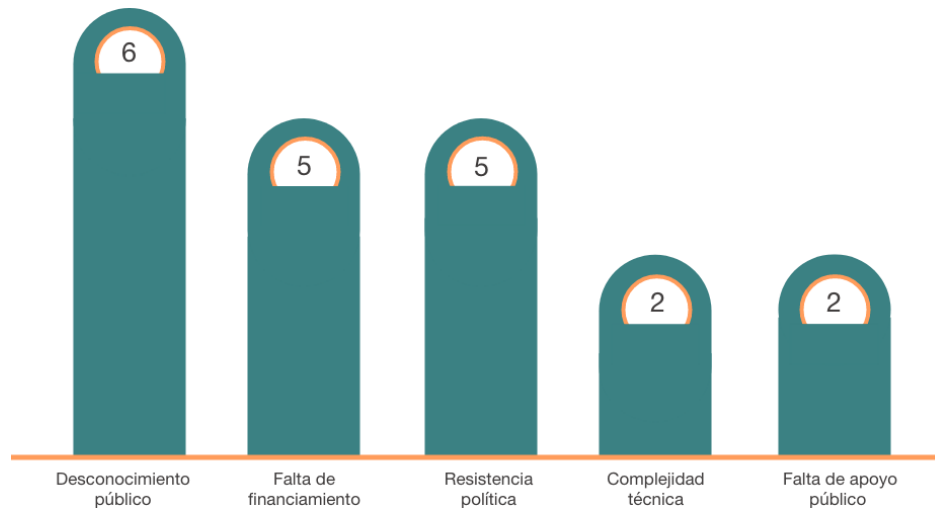
Fuente: Elaboración propia.

Figura 32. Pregunta 2: ¿Qué tipo de políticas públicas considera más efectivas para promover infraestructuras verdes?



Fuente: Elaboración propia.

Figura 33. Pregunta 3: ¿Cuáles considera que son los mayores obstáculos para la implementación efectiva de políticas públicas en este ámbito?

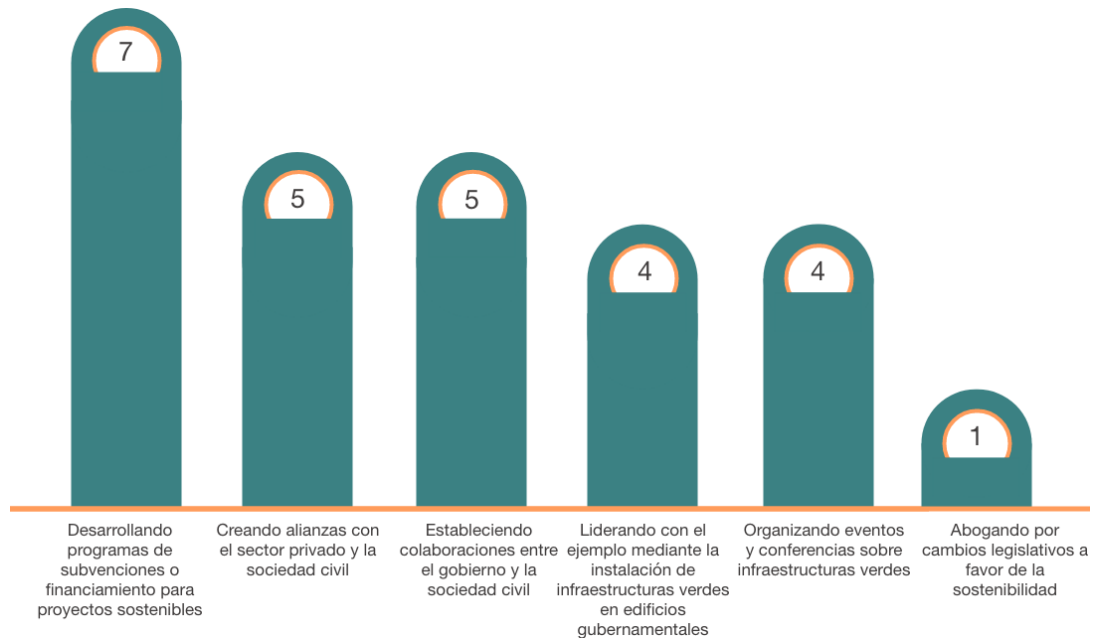


Fuente: Elaboración propia.

En el desarrollo de la encuesta, se recolectó información sobre los obstáculos para a la implementación efectiva de políticas públicas ambientales. La falta de conocimiento público fue el obstáculo más mencionado (6) seguido por la falta de financiamiento (5) y resistencia política (5), complejidad técnica (2) y la falta de apoyo público (2). Estos resultados sugieren que es importante abordar la falta de conocimiento y la resistencia política para lograr una implementación efectiva de políticas ambientales.

Además, se consultó a estos entes cómo podrían colaborar con otras entidades para impulsar la adopción de políticas públicas pro-sostenibilidad. Los resultados mostraron que, desde el desarrollo de programas de subvenciones hasta la creación de alianzas con el sector privado y la sociedad civil, cada enfoque contribuye a un cambio positivo en la dirección de un entorno más sostenible. Además, liderar con el ejemplo y abogar por cambios legislativos también son estrategias clave para impulsar la adopción de prácticas más verdes en nuestras comunidades. En última instancia, la colaboración entre diferentes actores y la promoción de la infraestructura verde son esenciales para construir un futuro más sostenible y resiliente.

Figura 34. Pregunta 4: ¿Cómo podría su organización colaborar con otras entidades para impulsar la adopción de políticas públicas pro-sostenibilidad?



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, algunas de las entidades encuestadas mencionaron posibles políticas, programas o normativas para promover infraestructuras verdes desde el gobierno local. En el caso de Cartagena, se destacan proyectos como el Malecón Ciénaga de la Virgen y el ecoparque de La Popa. Además, se resaltó el éxito del viaducto de la Ciénaga de la Virgen, que logró preservar la confluencia de humedales y asentamientos humanos existentes. Asimismo, se mencionaron los proyectos de infraestructura de transporte y espacio público a cargo del IDU (Instituto de Desarrollo Urbano), que incorporan Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS).

### 6.3. Resultados de encuestas a empresas constructoras de Colombia.

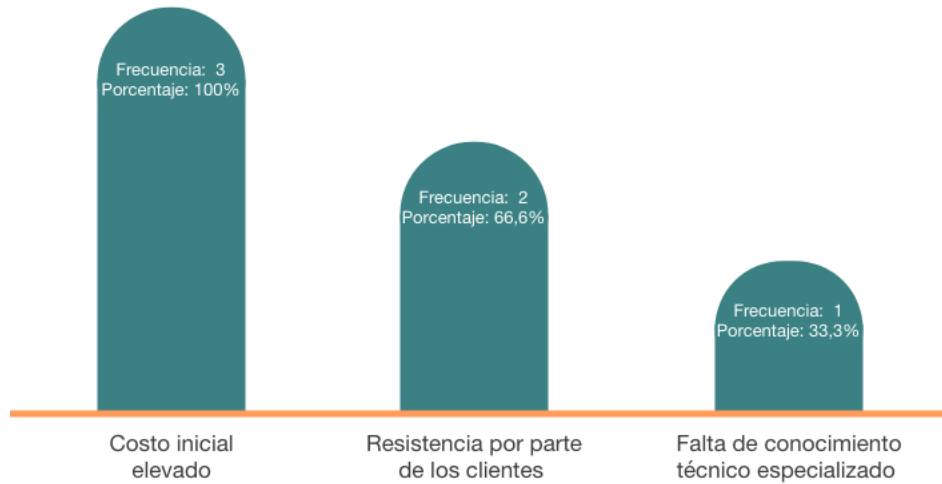
En el desarrollo de la encuesta, tres constructoras compartieron sus perspectivas sobre los desafíos y medidas necesarias para la ejecución de proyectos de infraestructura verde.

En cuanto a los desafíos, el alto costo inicial de las infraestructuras verdes es una barrera significativa para muchas organizaciones. A pesar de los beneficios a largo plazo, la inversión inicial puede ser prohibitiva. En segundo lugar, la resistencia por parte de los clientes es un obstáculo común. Algunos pueden ser reacios a adoptar nuevas prácticas o tecnologías verdes debido a la falta de comprensión o preocupaciones sobre la rentabilidad. Por último, la falta de

conocimiento técnico especializado puede dificultar la implementación efectiva de proyectos responsables con el medio ambiente.

Figura 35. Pregunta 1: ¿Cuáles son los principales desafíos que enfrentas al implementar infraestructuras verdes en tus proyectos de construcción?

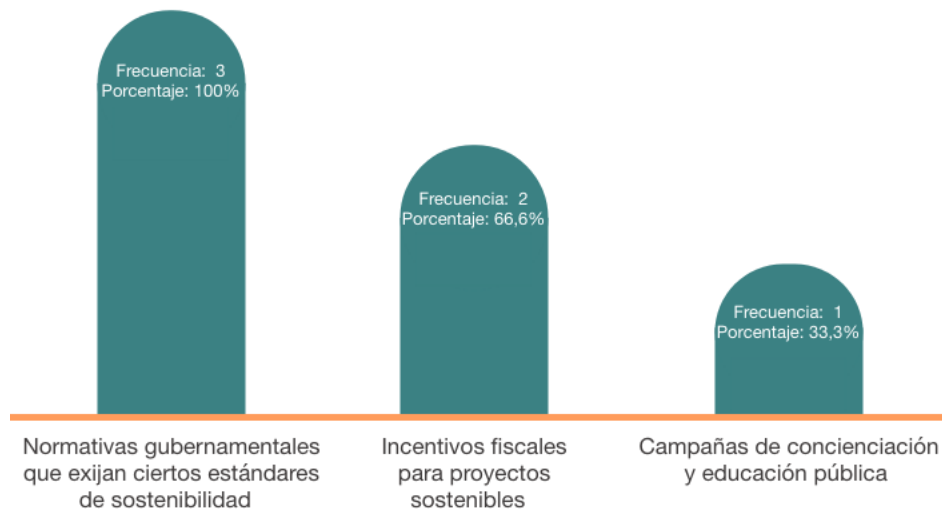
Selección múltiple: 3 de 3 respuestas.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 36. Pregunta 2: ¿Qué medidas crees que podrían ser tomadas para promover la adopción de muros y fachadas verdes en la construcción?

Selección múltiple: 3 de 3 respuestas.



Fuente: Elaboración propia.

En el contexto de la implementación de proyectos de infraestructura verde, estas empresas han identificado estrategias para promover la adopción de muros y fachadas verdes en la construcción. En primer lugar, las normativas gubernamentales que exijan ciertos estándares de conservación ecológica son esenciales. Estas regulaciones pueden establecer requisitos específicos para la construcción y operación de infraestructuras verdes, lo que fomenta su adopción. Además, los incentivos fiscales para proyectos responsables con el medio ambiente pueden estimular la inversión en infraestructuras ecológicas al ofrecer beneficios financieros a quienes las implementen. Por último, las campañas de concienciación y educación pública desempeñan un papel crucial al informar a la sociedad sobre los beneficios de la infraestructura verde y cómo pueden contribuir a un entorno más sostenible.

#### **6.4. Entrevistas**

El estudio de las infraestructuras verdes como los techos y fachadas requiere una comprensión profunda de las perspectivas de expertos en urbanismo y construcción sostenible. Este documento presenta entrevistas con dos profesionales destacados en estos campos: Laure Lucadau, arquitecta urbanista con maestría en Gestión del Riesgo y Cambio Climático, y Javier Alejandro Sabogal Díaz, Arquitecto y especialista en Construcción Sostenible. Las entrevistas exploran sus experiencias y conocimientos sobre la implementación, los desafíos y los beneficios de las infraestructuras verdes, así como el impacto potencial de las políticas públicas en este ámbito. A través de sus testimonios, se busca obtener una visión integral y detallada sobre cómo estas prácticas pueden contribuir al embellecimiento urbano y al bienestar ambiental.

#### **Actores Entrevistados**

##### ***Laure Lucadau***

- Profesión: Arquitecta Urbanista
- Especialización: Magíster en Gestión del Riesgo y Cambio Climático
- Experiencia: Trabaja en una asociación de colectividades territoriales en Francia, enfocada en la formación de colectividades y arquitectos en temas de urbanismo y manejo de inundaciones.

- Temas clave: Principios de urbanismo sostenible, proyectos de restauración de ríos y manejo de inundaciones, políticas públicas en infraestructura verde, y técnicas de construcción basadas en la naturaleza.

***Javier Alejandro Sabogal Díaz***

- Profesión: Arquitecto
- Especialización: Especialista en Construcción Sostenible
- Experiencia: 15 años en trabajos de infraestructura verde, colaborando con empresas de energía y telecomunicaciones en Bogotá y Bucaramanga, y co-creador de la marca Construyendo Sostenible en Bogotá.
- Temas clave: Integración de sistemas verdes en construcciones urbanas, técnicas de impermeabilización, uso de especies nativas, mantenimiento y durabilidad de infraestructuras verdes, y la importancia de la educación y el conocimiento en temas ambientales y ecológicos.

**6.4.1 Entrevista 1: Laure Lucadau**

Arquitecta Urbanista - Magíster en gestión del riesgo y cambio climático.

“Yo trabajo en una asociación de colectividades territoriales acá en Francia y hacemos formaciones a colectividades y arquitectos. Les estamos justamente preparando una formación de urbanismo e inundaciones, la fundación tiene grandes principios que formuló, uno de ellos es dejar el espacio al agua, es decir, dejar que se pueda expandir si hablamos de inundaciones. Entonces el primer principio es dejar el espacio para que se expanda y se pueda desbordar sin canalizarlo demasiado, sino que pueda tener su cauce según sus diferentes crecientes. También hay lo de ubicar ciertos equipamientos según su vulnerabilidad, por ejemplo, los hospitales, lugares de gestión de crisis, todo esto se tiene que poner en lugares más lejanos. También de adaptar las viviendas existentes o nuevas a riesgo de inundación.”

**Principales Puntos Discutidos**

-Urbanismo y Manejo de Inundaciones: Abogó por permitir que los ríos mantengan sus cauces naturales y se expandan en momentos de crecida para reducir el riesgo de inundaciones, en lugar de canalizarlos.

-Adaptación de Infraestructuras: Propuso ubicar infraestructuras críticas, como hospitales y centros de gestión de crisis, en áreas menos vulnerables a inundaciones y adaptar las viviendas a estos riesgos.

-Techos Verdes y Recolección de Aguas Pluviales: Subrayó la importancia de los techos verdes para gestionar la lluvia y evitar sobrecargar las redes de drenaje urbanas.

-Políticas Públicas y Regulación: Mencionó la reglamentación estricta en Francia que obliga a gestionar el agua de lluvia en el lugar de origen y la importancia de las políticas públicas en la promoción de buenas prácticas con el medio ambiente sostenibles.

#### **6.4.2 Entrevista 2: Javier Alejandro Sabogal Días**

Arquitecto de la Universidad de la Gran Colombia. Especialista en construcción sostenible, 15 años de experiencia en trabajos de infraestructura verde, llevando proyectos a cabo con empresas de energía, Telecomunicaciones en Bogotá y Bucaramanga. Proyectos de vivienda multifamiliar. Cocreador de la marca construyendo sostenible en Bogotá.

“Hemos notado que dentro de las construcciones públicas y privadas dentro de la parte urbana se acoplan muy eficazmente y muy positivamente teniendo en cuenta sus habitantes, su entorno natural circundante y sus vecinos. Todos los sistemas y de infraestructura verde a veces también tienen que ir acompañados no solo de las fachadas y cubiertas bonitas, sino el qué está detrás de ello, el qué impermeabilización se va a utilizar para la cubierta verde, por ejemplo; que sea bituminosa, que realmente cumpla los estándares para no contaminar el medio, en usar también unas especies nativas y no traerlas de otras ciudades y que realmente sean unas especies del territorio de la región.”

#### **Principales Puntos Discutidos**

- Implementación de Infraestructuras Verdes: Discutió la integración eficaz de sistemas verdes en construcciones urbanas y la necesidad de utilizar especies nativas para evitar impactos ambientales negativos.
- Mantenimiento y Durabilidad: Enfatizó la importancia del mantenimiento regular de los sistemas verdes, considerando que estos son seres vivos y requieren cuidados específicos.

- **Desafíos en la Sostenibilidad:** Señaló que el principal desafío es el desconocimiento por parte de los consumidores, y la importancia de educar sobre los beneficios a largo plazo de las infraestructuras verdes.
- **Apoyo Gubernamental:** Subrayó la necesidad de leyes y decretos que promuevan las infraestructuras verdes y de campañas de concienciación que acompañen estas normativas para asegurar su efectividad.

Ambos expertos coincidieron en que, para lograr una adopción amplia y efectiva de las infraestructuras verdes, es esencial combinar políticas públicas bien diseñadas con iniciativas educativas que informen y sensibilicen tanto a los profesionales como al público en general sobre los beneficios y la necesidad de estas prácticas responsables y resilientes.

### **6.5 Finalización de las Entrevistas:**

Las entrevistas concluyeron con reflexiones sobre la importancia de las políticas públicas y la educación en la promoción de infraestructuras verdes. Laure Lucadau destacó cómo las políticas públicas pueden jugar un papel crucial al proporcionar beneficios financieros y promover prácticas responsables con el medio ambiente. Mencionó ejemplos de Francia, donde las campañas de comunicación y la reglamentación han cambiado significativamente los comportamientos sociales y ambientales.

Javier Alejandro Sabogal Díaz, por su parte, enfatizó la necesidad de educar tanto a consumidores como a profesionales sobre los beneficios y la viabilidad de las infraestructuras verdes. Subrayó que el desconocimiento sigue siendo uno de los mayores obstáculos para la adopción de prácticas responsables con el medio ambiente y que la implementación de políticas de apoyo podría acelerar este proceso.

## **7. Discusión de los resultados de la encuesta y las entrevistas:**

Las encuestas realizadas revelan una creciente, pero todavía limitada, comprensión y aceptación de las infraestructuras verdes entre los residentes de diversas ciudades de Colombia, así como entre

entidades gubernamentales, organizaciones privadas y empresas constructoras. A continuación, se presenta un análisis integral de los resultados obtenidos y su relación con la revisión de literatura y estado del arte.

**Hallazgo Clave:** El conocimiento sobre infraestructuras verdes está presente en una parte significativa de la población encuestada, aunque no es universal. Dentro de la literatura investigada, se señala una falta general de conocimiento sobre infraestructuras verdes en muchos contextos urbanos. La literatura destaca la necesidad de campañas de concienciación y educación ambiental como medidas cruciales para aumentar el entendimiento y la adopción de estas prácticas. Dentro del estado del arte, en ciudades con políticas públicas robustas y campañas educativas efectivas, como se ha observado en Francia, el conocimiento y la aceptación de infraestructuras verdes son significativamente mayores.

### 7.1 Preferencias y Beneficios Percibidos

**Hallazgo Clave:** Los encuestados mostraron una clara preferencia por infraestructuras verdes como jardines internos, espacios comunitarios verdes y techos verdes. Mostrando los beneficios de las infraestructuras verdes, como la regulación de la temperatura y la mejora de la biodiversidad, la preferencia por estos elementos refleja una valoración creciente de los espacios verdes que contribuyen al bienestar personal y comunitario.

Las ciudades que han implementado exitosamente infraestructuras verdes reportan mejoras en la calidad de vida urbana y una mayor resiliencia frente al cambio climático, sin embargo, la disposición de los residentes a invertir en la implementación y el mantenimiento de infraestructuras verdes depende en gran medida del costo asociado. La literatura destaca los obstáculos económicos como una barrera significativa para la adopción de tecnologías verdes. Se sugiere que los incentivos financieros y los subsidios gubernamentales son necesarios para hacer más accesible la implementación de estas infraestructuras. En países donde se han ofrecido incentivos financieros, la adopción de infraestructuras verdes ha sido más exitosa, lo que demuestra la eficacia de estas políticas.

## 7.2 Rol de Políticas Públicas y Colaboraciones

**Hallazgo Clave:** Existen esfuerzos para implementar estrategias de adaptación al cambio climático, aunque persisten desafíos significativos como el desconocimiento público y la resistencia política, dichas políticas bien diseñadas son cruciales para la promoción de prácticas sustentables. La literatura sugiere que las colaboraciones público-privadas pueden ser efectivas para superar barreras y fomentar la implementación de infraestructuras verdes. En ciudades con políticas públicas sólidas y colaboraciones estratégicas, la adopción de infraestructuras verdes ha avanzado significativamente, sin embargo, los desafíos técnicos y el desconocimiento del público son barreras importantes según las empresas constructoras.

Los desafíos técnicos y la falta de conocimiento público sobre los beneficios y la viabilidad de las infraestructuras verdes son temas recurrentes en la literatura. Se destaca la importancia de la educación continua y las campañas de concienciación. Sin embargo, las demostraciones prácticas y los ejemplos de éxito son estrategias efectivas para superar la resistencia inicial y promover la adopción de infraestructuras verdes.

Los hallazgos en este trabajo subrayan la necesidad de políticas públicas efectivas, incentivos financieros y campañas educativas para fomentar la adopción de infraestructuras verdes. Las experiencias exitosas en otras regiones pueden servir como modelos para mejorar la implementación y aceptación de estas prácticas en Colombia, promoviendo así ciudades más ecológicas y resilientes.

## 7.2. Análisis de las entrevistas

### - **Experiencias Internacionales y Contexto Local:**

Las entrevistas realizadas con Laure Lucadau y Javier Alejandro Sabogal Díaz ofrecen una perspectiva comparativa valiosa que permite entender tanto las prácticas exitosas en otros países como los desafíos específicos que enfrenta Colombia.

### - **Francia: Regulación y Manejo del Agua de Lluvia:**

Laure Lucadau destaca cómo en Francia se maneja la regulación del agua de lluvia y la integración de infraestructuras verdes en el urbanismo. Según Lucadau, las políticas públicas francesas han sido esenciales para transformar la percepción y el uso del espacio urbano. La estricta reglamentación que obliga a gestionar el agua de lluvia en su lugar de origen ha incentivado la adopción de techos verdes y sistemas de recolección de aguas pluviales. Esta política no solo mitiga el riesgo de inundaciones, sino que también promueve la biodiversidad y reduce la carga en las infraestructuras de drenaje urbano.

### - **Colombia: Desafíos y Soluciones Locales:**

Por otro lado, Javier Alejandro Sabogal Díaz subraya los desafíos y soluciones en el contexto colombiano. Sabogal Díaz enfatiza la importancia del mantenimiento y la educación del consumidor. En Colombia, la falta de conocimiento sobre los beneficios y la viabilidad de las infraestructuras verdes sigue siendo un obstáculo significativo. Sin embargo, destaca la necesidad de apoyo gubernamental y campañas educativas que puedan cambiar esta percepción. Las entrevistas revelan que, aunque existen políticas e incentivos, estos no son suficientemente conocidos ni aprovechados por la población y los desarrolladores urbanos.

### - **Impacto de las Políticas Públicas:**

Ambos entrevistados coinciden en la relevancia crucial de las políticas públicas para la promoción de infraestructuras verdes. En Francia, como menciona Lucadau, las regulaciones han tenido un impacto transformador. Estas políticas han logrado cambiar comportamientos y prácticas a través de beneficios financieros y campañas de concienciación. En contraste, Sabogal Díaz aboga por un mayor apoyo gubernamental en

Colombia, sugiriendo que el gobierno debería implementar leyes más robustas y programas educativos que promuevan estas infraestructuras.

### **7.3. Conclusiones y Recomendaciones sobre las entrevistas y encuestas**

A partir del trabajo desarrollado en campo y a través del desarrollo de entrevistas, se pueden llegar a conclusiones iniciales respecto a los resultados obtenidos, donde podemos mencionar los siguientes:

#### **- Necesidad de Educación y Concienciación**

La falta de conocimiento sobre infraestructuras verdes y sus beneficios es un obstáculo significativo tanto para los residentes como para los entes gubernamentales y privados. Se recomienda desarrollar campañas educativas y programas de concienciación que expliquen claramente las ventajas ambientales y económicas de estas soluciones.

#### **- Incentivos Financieros y Políticas Públicas**

La implementación de incentivos financieros y regulaciones que fomenten la adopción de infraestructuras verdes es crucial. Las colaboraciones público-privadas y los subsidios pueden facilitar la inversión inicial y promover la autosuficiencia a largo plazo.

#### **- Integración de Soluciones Verdes en Proyectos Urbanos**

Las preferencias de los residentes por jardines internos, techos verdes y otras infraestructuras sugieren una demanda potencial. Los proyectos urbanos deben integrar estas soluciones, considerando también el contexto local y las especies nativas para maximizar los beneficios ecológicos y sociales.

#### **- Colaboración Intersectorial**

La colaboración entre gobiernos locales, empresas privadas y la sociedad civil es esencial para superar los desafíos técnicos y financieros. Esta cooperación puede facilitar la creación de un entorno urbano más resiliente y habitable.

Al abordar estos puntos, las ciudades colombianas pueden avanzar hacia un desarrollo urbano más sostenible y resiliente, aprovechando el potencial de las infraestructuras verdes para mejorar la calidad de vida y mitigar los impactos ambientales.

## 8. CONCLUSIONES

Las encuestas y entrevistas realizadas revelan una considerable variabilidad en el conocimiento sobre los techos verdes entre ciudadanos y empresas. Mientras que una parte de la población está consciente de los beneficios ambientales generales de los techos verdes, muchos carecen de información detallada sobre su funcionamiento y ventajas específicas. Este desconocimiento destaca la necesidad urgente de campañas educativas y programas de sensibilización. Para promover una adopción más amplia, es imperativo que las autoridades locales y las organizaciones medioambientales inviertan en la difusión de información técnica y práctica sobre los techos verdes. Estos programas deben incluir talleres, seminarios y materiales educativos que aborden desde los conceptos básicos hasta las técnicas avanzadas de instalación y mantenimiento.

Los beneficios más reconocidos de los techos verdes incluyen la mejora de la calidad del aire, la reducción del efecto isla de calor urbano, y la gestión eficiente del agua de lluvia, según la literatura estudiada. Estos beneficios son percibidos como esenciales para mejorar la ecología, el embellecimiento urbano y la calidad de vida en las ciudades. Además, los ciudadanos y las empresas valoran el potencial estético de los techos verdes, que contribuye al embellecimiento urbano y a la creación de espacios verdes en áreas densamente construidas. La investigación también muestra que los techos verdes pueden actuar como aislantes térmicos, reduciendo los costos de energía para calefacción y refrigeración, lo cual tiene un impacto económico positivo a largo plazo. Teniendo en cuenta también los resultados de las encuestas aplicadas, estos beneficios encontrados en la investigación tienen estrecha relación con los relacionados por los encuestados, quienes señalan como principal la reducción del impacto del cambio climático. A pesar de los numerosos beneficios, la implementación de techos verdes enfrenta varios desafíos. Los principales obstáculos identificados tanto por la literatura revisada, como por los resultados de encuestas, principalmente la relacionada a constructores y la entrevista realizada al arquitecto Javier Sabogal, incluyen el alto costo inicial de instalación, el mantenimiento continuo, y la falta de apoyo institucional. Las empresas especializadas en techos verdes encuentran dificultades para convencer a los clientes sobre la viabilidad económica a largo plazo de estas soluciones, a pesar de sus claros beneficios ambientales y económicos. La falta de subsidios y programas de incentivos por parte del gobierno se ve como una barrera significativa para la adopción generalizada de estas infraestructuras. Es crucial desarrollar modelos de financiamiento innovadores que incluyan

asociaciones público-privadas y opciones de financiamiento verde para hacer que los techos verdes sean más accesibles para todos los sectores de la sociedad.

Las entrevistas con funcionarios públicos y expertos en urbanismo resaltaron la importancia de políticas públicas bien diseñadas para fomentar la adopción de techos verdes. La legislación propuesta por el Congreso de la República de Colombia en 2023 representa un paso significativo en esta dirección. Sin embargo, para que estas políticas sean efectivas, deben ir acompañadas de incentivos económicos tangibles, como subsidios, exenciones fiscales y programas de financiamiento a bajo interés. Además, es fundamental que las políticas incluyan directrices claras sobre la construcción, mantenimiento y evaluación de los techos verdes, asegurando que estos proyectos se realicen de manera sostenible y eficiente. En este contexto implica que estos proyectos no solo deben ser implementados correctamente, sino que también deben operar de manera que proporcionen beneficios ambientales continuos y minimicen cualquier impacto negativo a largo plazo.

El éxito de los techos verdes depende en gran medida del involucramiento activo de la comunidad. Las encuestas indican que, aunque los ciudadanos están interesados en vivir en entornos más ecológicos, necesitan más información y apoyo para participar activamente en estos proyectos. Los programas de educación y participación comunitaria son esenciales para fomentar una cultura de sostenibilidad y asegurar el mantenimiento a largo plazo de los techos verdes. Las iniciativas comunitarias pueden incluir jardines comunitarios en techos, programas de voluntariado para el mantenimiento de techos verdes, y la creación de redes de apoyo entre vecinos para compartir conocimientos y recursos.

Los resultados del estudio muestran que la implementación de techos verdes puede tener un impacto positivo significativo en la calidad de vida de los residentes urbanos. Además de los beneficios ambientales, los techos verdes pueden proporcionar espacios recreativos y comunitarios, promover la biodiversidad urbana y contribuir a la salud mental y bienestar de los ciudadanos al ofrecerles acceso a áreas verdes en sus entornos cotidianos. Los techos verdes también pueden servir como laboratorios vivos para la educación ambiental, ofreciendo a las escuelas y

universidades locales oportunidades para la investigación y el aprendizaje práctico sobre el urbano.

Tabla 8. Barreras y Oportunidades identificadas en el análisis.

Categoría	Descripción
<b>BARRERAS</b>	
Económicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de incentivos económicos claros y accesibles para los ciudadanos y empresas.</li> <li>- Insuficiencia de subsidios y programas de financiamiento para cubrir los costos iniciales.</li> </ul>
Normativas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Escasez de normativas específicas que regulen la implementación de infraestructuras verdes.</li> <li>- Inconsistencia y falta de coordinación en las políticas entre diferentes niveles de gobierno.</li> </ul>
Culturales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resistencia cultural hacia nuevas tecnologías y métodos de construcción.</li> <li>- Desconocimiento y falta de educación sobre los beneficios de las infraestructuras verdes.</li> </ul>
Institucionales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de coordinación efectiva entre diferentes sectores y organismos gubernamentales.</li> <li>- Débil integración de políticas ambientales y de desarrollo urbano.</li> </ul>
<b>OPORTUNIDADES</b>	
Financieras	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fortalecimiento de alianzas público-privadas para atraer inversiones y compartir riesgos.</li> <li>- Creación de incentivos económicos claros y accesibles para fomentar la adopción de techos verdes.</li> </ul>
Educativas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollo de programas educativos y campañas de sensibilización para aumentar la conciencia.</li> <li>- Promoción de la formación profesional en tecnologías verdes y sostenibles.</li> </ul>
Comunitarias	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementación de estrategias que involucren a la comunidad en la planificación y mantenimiento.</li> <li>- Fomento de la participación ciudadana en proyectos de infraestructuras verdes.</li> </ul>
Políticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementación de políticas integradas y coordinadas para maximizar beneficios ambientales.</li> <li>- Desarrollo de normativas específicas que faciliten la adopción de infraestructuras verdes.</li> </ul>
Tecnológicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Innovación en tecnologías de construcción verde y sostenibilidad urbana.</li> <li>- Aprovechamiento de avances tecnológicos para mejorar la eficiencia y efectividad de las soluciones.</li> </ul>

Fuente:Elaboración propia.

## **8.1 Oportunidades para la Promoción de Infraestructuras Verdes**

### **Mejora de la Calidad del Aire y Reducción del Efecto Isla de Calor:**

- Resultado de la Investigación: Los beneficios más reconocidos de los techos verdes incluyen la mejora de la calidad del aire y la reducción del efecto isla de calor urbano.
- Políticas Públicas Analizadas: La promoción de estas ventajas en políticas públicas puede incentivar a más actores a adoptar techos verdes, resaltando no solo los beneficios ambientales sino también los económicos a largo plazo, como la reducción de costos de energía.

### **Estética y Espacios Verdes Urbanos:**

- Resultado de la Investigación: Ciudadanos y empresas valoran el potencial estético de los techos verdes y su contribución al embellecimiento urbano.
- Políticas Públicas Analizadas: Integrar incentivos para proyectos que mejoren la estética urbana y creen espacios verdes puede aumentar la aceptación y demanda de infraestructuras verdes.

### **Colaboración Intersectorial:**

- Resultado de la Investigación: La colaboración entre el sector público, privado y la comunidad es vista como esencial para superar los desafíos técnicos y financieros.
- Políticas Públicas Analizadas: Promover políticas que faciliten la colaboración intersectorial puede fortalecer las iniciativas de resiliencia urbana. La creación de alianzas estratégicas y plataformas de cooperación puede acelerar la implementación de infraestructuras verdes.

## **8.2 Conclusiones Específicas:**

A partir de los resultados obtenidos, se concluye que:

- La educación ambiental y las campañas de sensibilización son fundamentales para aumentar el conocimiento y la aceptación de techos verdes.
- Es crucial implementar incentivos financieros accesibles y claros para reducir las barreras económicas.
- Las políticas públicas deben incluir apoyo técnico y guías específicas adaptadas al contexto local para asegurar la viabilidad de los proyectos de infraestructuras verdes.

## **8.3 Recomendaciones para Futuras Investigaciones**

Este estudio recomienda que futuras investigaciones se enfoquen en evaluar la efectividad de diferentes estrategias de educación y sensibilización ambiental, así como en explorar nuevos modelos de financiamiento y colaboración público-privada que puedan facilitar la adopción de infraestructuras verdes. También se sugiere investigar el impacto a largo plazo de los techos verdes en la resiliencia urbana y la calidad de vida de los ciudadanos. Adicionalmente, es crucial estudiar las adaptaciones necesarias para implementar techos verdes en diferentes contextos climáticos y culturales, asegurando que las soluciones sean relevantes y efectivas en diversas regiones del país.

Para lograr un entorno urbano más sustentable y habitable, es esencial una combinación de educación, políticas públicas efectivas y participación comunitaria. Las infraestructuras verdes, como los techos verdes, ofrecen una solución viable para enfrentar los desafíos ambientales contemporáneos y mejorar la calidad de vida en las ciudades colombianas. A medida que avanzamos hacia el desarrollo de ciudades inteligentes y sostenibles, los techos verdes deben ser una parte integral de nuestras estrategias urbanas, ofreciendo múltiples beneficios ambientales, económicos y sociales que contribuyen a un futuro más verde y saludable para todos.

## REFERENCIA

- [1] E. OBERNDORFER *et al.*, “Green Roofs As Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions And Services,” *Bioscience*, vol. 57, pp. 823–833, May 2007, doi: 10.1641/B571005.
- [2] G. Xian, “Monitoring and Assessing Urban Heat Island Variations and Effects in the United States,” 2021, doi: 10.1016/j.i.
- [3] R. Duno De Stefano, D. Angulo, L. Lorena, and C. Itzá, “Desde el Herbario CICY Editores responsables”, [Online]. Available: [http://www.cicy.mx/sitios/desde\\_herbario/](http://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario/)
- [4] P. Kremer, Z. Hamstead, and T. McPhearson, “The value of urban ecosystem services in New York City: A spatially explicit multicriteria analysis of landscape scale valuation scenarios,” *Environ Sci Policy*, vol. 62, pp. 57–68, Jun. 2016, doi: 10.1016/j.envsci.2016.04.012.
- [5] S. Z., . M. A., and . J. C., “Techos verdes: ¿Una herramienta viable para la gestión ambiental en el sector hotelero del Rodadero, Santa Marta?,” *Gestión y Ambiente*, vol. 15, pp. 91–104, 2012, [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169424101008>
- [6] A. La Convención and M. De, *TERCERA COMUNICACIÓN NACIONAL DE COLOMBIA RESUMEN EJECUTIVO*. [Online]. Available: [www.ideam.gov.co](http://www.ideam.gov.co);
- [7] E. De and B. Tropicales, “ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA EN.”
- [8] R. Legislativa, D. P. Público, J. Humberto, M. Serrano, and G. E. Pacheco, “SENADO Y CÁMARA REPÚBLICA DE COLOMBIA P O N E N C I A S INFORME DE PONENCIA PARA SEGUNDO DEBATE DEL PROYECTO DE LEY NÚMERO 207 DE 2021 CÁMARA.” [Online]. Available: [www.imprenta.gov.cowww.secretariassenado.gov.co](http://www.imprenta.gov.cowww.secretariassenado.gov.co)
- [9] D. B. Rowe, “Green roofs as a means of pollution abatement,” *Environmental Pollution*, vol. 159, no. 8, pp. 2100–2110, 2011, doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.10.029>.
- [10] C. Butler, E. Butler, and C. Orians, “Native plant enthusiasm reaches new heights: Perceptions, evidence, and the future of green roofs,” *Urban For Urban Green*, vol. 11, pp. 1–10, Jun. 2012, doi: 10.1016/j.ufug.2011.11.002.
- [11] B. Gioli *et al.*, “Methane and carbon dioxide fluxes and source partitioning in urban areas: The case study of Florence, Italy,” *Environmental Pollution*, vol. 164, pp. 125–131, 2012, doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.01.019>.

- [12] N. Lepp, “Planting Green Roofs and Living Walls,” *Journal of Environmental Quality - J ENVIRON QUAL*, vol. 37, May 2008, doi: 10.2134/jeq2008.0016br.
- [13] E. OBERNDORFER *et al.*, “Green Roofs As Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions And Services,” *Bioscience*, vol. 57, pp. 823–833, Sep. 2007, doi: 10.1641/B571005.
- [14] J.-L. Cohen, “Une introduction à Vers une architecture,” *LC. Revue de recherches sur Le Corbusier*, pp. 9–40, May 2023, doi: 10.4995/lc.2023.20312.
- [15] M. Köhler, “Green facades—A view back and some visions,” *Urban Ecosyst*, vol. 11, pp. 423–436, Sep. 2008, doi: 10.1007/s11252-008-0063-x.
- [16] J. Mentens, D. Raes, and M. Hermy, “Green Roofs as a Tool for Solving the Rainwater Runoff Problem in the Urbanized 21st Century?,” *Landsc Urban Plan*, vol. 77, pp. 217–226, May 2006, doi: 10.1016/j.landurbplan.2005.02.010.
- [17] “Construir una infraestructura verde para Europa”, doi: 10.2779/2738.
- [18] “Green infrastructure and territorial cohesion: The concept of green infrastructure and its integration into policies using monitoring systems (EEA Technical report No 18/2011)”, doi: 10.2800/88266.
- [19] C. Davies and R. Laforteza, “Urban green infrastructure in Europe: Is greenspace planning and policy compliant?,” *Land use policy*, vol. 69, pp. 93–101, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.08.018>.
- [20] G. Prince and M. County, “Low-Impact Development Design Strategies Low-Impact Development Design Strategies An Integrated Design Approach,” 1999.
- [21] T. Wong, “Water Sensitive Urban Design – The Journey Thus Far,” *Aust. J. Water Resour.*, vol. 10, Jan. 2006, doi: 10.1080/13241583.2006.11465296.
- [22] O. Oladunjoye, D. Proverbs, and B. Collins, “The Barriers and Opportunities to the retrofit of Sustainable Urban Drainage Systems (SuDS) towards improving flood risk mitigation in urban areas in the UK,” 2017. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/319718484>
- [23] M. van Roon and H. van Roon, “Low Impact Urban Design and Development Principles for Assessment of Planning, Policy and Development Outcomes,” Jun. 2005.

- [24] R. Hansen and S. Pauleit, “From Multifunctionality to Multiple Ecosystem Services? A Conceptual Framework for Multifunctionality in Green Infrastructure Planning for Urban Areas,” *Ambio*, vol. 43, no. 4, pp. 516–529, 2014, doi: 10.1007/s13280-014-0510-2.
- [25] “Green infrastructure: connected and multifunctional landscapes Landscape Institute Position statement.”
- [26] P. Hellmund and D. Smith, “Designing Greenways: Sustainable Landscapes for Nature and People,” *Bibliovault OAI Repository, the University of Chicago Press*, Jun. 2008.
- [27] “REPORTE-CIUDADES-VERDES-FINAL-020920\_rv\_compressed”.
- [28] “IMPLEMENTACIÓN DE INFRAESTRUCTURA VERDE COMO ESTRATEGIA PARA LA.” [Online]. Available: [www.giz.de/mexico-mx](http://www.giz.de/mexico-mx)
- [29] B. G. López-González, A. D. Camacho, M. C. Martínez-Rodríguez, and M. Marcelin-Aranda, “Techos verdes: una estrategia sustentable,” *Revista Tecnología en Marcha*, Jul. 2020, doi: 10.18845/tm.v33i3.4389.
- [30] P. De Medio, “AGENDA AMBIENTAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO,” 2007.
- [31] “TESIS ROL DE LA VEGETACIÓN EN EL CONTROL DEL MICROCLIMA URBANO .Image.Marked”.
- [32] “scholar”.
- [33] C. A. Carrillo Sedano, “Por un territorio compacto, equilibrado y equitativo : El caso de Jardín Circunvalar Medellín.” Uniandes, 2018. Accessed: Jun. 01, 2024. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/1992/35026>
- [34] “vulnerabilidad-al-cambio-climatico-de-cartagena-de-indias”.
- [35] T. Carter and L. Fowler, “Establishing Green Roof Infrastructure Through Environmental Policy Instruments,” *Environ Manage*, vol. 42, pp. 151–164, Jun. 2008, doi: 10.1007/s00267-008-9095-5.
- [36] “9-infraestructura-verde-urbana”.
- [37] B. H. Woods-Ballard R Wallingford R Kellagher H R Wallingford P Martin Black and R. P. Bray Robert Bray Associates Shaffer, “CIRIA C697 The SuDS manual,” 2007. [Online]. Available: [www.ciria.org](http://www.ciria.org)
- [38] “MarchenaAvilaDianaCecilia2012”.
- [39] S. Xu, X. Zhu, E. H. Helmer, X. Tan, J. Tian, and X. Chen, “The damage of urban vegetation from super typhoon is associated with landscape factors: Evidence from Sentinel-2

- imagery,” *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, vol. 104, p. 102536, Dec. 2021, doi: 10.1016/J.JAG.2021.102536.
- [40] K. Getter, D. Rowe, G. P. Robertson, B. Cregg, and J. Andresen, “Carbon Sequestration Potential of Extensive Green Roofs,” *Environ Sci Technol*, vol. 43, pp. 7564–7570, Oct. 2009, doi: 10.1021/es901539x.
- [41] A. DE MAYOR BOGOTÁ DC Claudia Nayibe López Hernández Alcaldesa Mayor SECRETARÍA DISTRITAL DE PLANEACIÓN -SDP María Mercedes Jara Millo Garcés Secretaria *et al.*, “REGLAMENTACIÓN ECOURBANISMO Y CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE DOCUMENTO DE DIAGNÓSTICO ABRIL DE 2022.”
- [42] “Guía Técnica Infraestructura Vegetada 2021”.
- [43] “THE GRO GREEN ROOF CODE Green Roof Code of Best Practice incorporating Blue Roofs and BioSolar Applications Anniversary Edition 2021 Photo: ABG Limited.” [Online]. Available: [www.fll.de](http://www.fll.de).
- [44] “Guia-de-techos-verdes-Bogota”.
- [45] L. Perez Urrestarazu, R. Fernández-Cañero, A. Franco-Salas, and G. Egea, “Vertical Greening Systems and Sustainable Cities,” *Journal of Urban Technology*, vol. 22, pp. 65–85, Jun. 2015, doi: 10.1080/10630732.2015.1073900.
- [46] “Green façades and building structures.”
- [47] Y.-P. Yeh, “Green Wall-The Creative Solution in Response to the Urban Heat Island Effect.” [Online]. Available: [http://www.ssbx.org/images/projects/heat\\_island\\_big.gif](http://www.ssbx.org/images/projects/heat_island_big.gif)
- [48] N. York, E. Field Operations James Corner Profesor, and J. Corner -Field Operations, “The High Line.”
- [49] A. Holguín-Alzate, “Renaturalización de ríos urbanos en Bogotá: nuevos patrones urbanos que reconcilian ciudades y ecosistemas,” *QRU: Quaderns de Recerca en Urbanisme*, pp. 76–97, Jun. 2023, doi: 10.5821/qru.11909.
- [50] “Gobernar y propulsar los techos verdes.” Accessed: Sep. 28, 2023. [Online]. Available: <https://addgreenproject.com/leeme/f/las-pol%C3%ADticas-propulsoras-de-los-techos-verdes>
- [51] “Tiene el Infonavit la Azotea Verde más grande de América Latina.” Accessed: Nov. 08, 2023. [Online]. Available: <https://www.excelsior.com.mx/2011/06/07/nacional/743131>

- [52] “La azotea verde más grande de AL.” Accessed: Nov. 08, 2023. [Online]. Available: <https://www.eleconomista.com.mx/arteseideas/La-azotea-verde-mas-grande-de-AL-20150303-0147.html>
- [53] A. Pianella, J. Bush, Z. Chen, N. S. G. Williams, and L. Aye, “Green roofs in Australia: review of thermal performance and associated policy development,” 2016.
- [54] D. of Planning, *Government of South Australia Department of Planning, Transport and Infrastructure*. [Online]. Available: [www.livingadelaide.sa.gov.au](http://www.livingadelaide.sa.gov.au)
- [55] “State-of-the-Environment-Report-2009-2010”.
- [56] “City of Sydney.”
- [57] G. Lawlor Beth Anne Currie Hitesh Doshi Ireen Wieditz, “CMHC-Home to Canadians,” 2006. [Online]. Available: [www.cmhc.ca](http://www.cmhc.ca)
- [58] “7-1\_Master Plan \_17-05-04\_”.
- [59] “Staff report for action on Eco-Roof Incentive Program Changes STAFF REPORT ACTION REQUIRED Update and Revisions to the Eco-Roof Incentive Program,” 2010. [Online]. Available: <http://www.toronto.ca/legaldocs/mmis/2008/pg/bgrd/backgroundfile-16869.pdf>
- [60] “Adaptation to climate change using green and blue infrastructure. A database of case studies.”
- [61] M. R. Bloomberg, “The City of New York.”
- [62] Singapore. Inter-Ministerial Committee on Sustainable Development., B. T. Mah, 1955-Yaacob Ibrahim, Singapore. Ministry of the Environment and Water Resources., and Singapore. Ministry of National Development., *A lively and liveable Singapore : strategies for sustainable growth*. Ministry of the Environment and Water Resources, 2009.
- [63] M. Jonathan *et al.*, “MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO.”
- [64] D. DE Nacional Planeación, “1 El futuro es de todos.” [Online]. Available: [www.dnp.gov.co](http://www.dnp.gov.co)
- [65] M. Lucía Ramírez Blanco *et al.*, “CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL CONPES Iván Duque Márquez Presidente de la República.” [Online]. Available: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3582.pdf>.
- [66] K. Abudinen Abuchaibe *et al.*, “Iván Mantilla Germán Rueda Óscar Cuenca Medina Carlos Gustavo Suárez.”
- [67] “sustainable\_urban\_mobility\_and\_public\_space”.

- [68] “PROYECTO DE LEY N° \_\_\_\_\_ de 2020 Senado.”
- [69] D. E. Adaptación, “PLAN NACIONAL.”
- [70] “Parques naturales - Guía articulación departamental”.
- [71] F. R. Vergara, “CAMBIO CLIMÁTICO, CALIDAD DEL AIRE Y TRANSPORTE Guía para cuantificar las emisiones de GEI y Contaminantes Climáticos de Vida Corta (CCVC) en el sector Se agradece a la cooperación alemana para el desarrollo, implementada por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, a través del proyecto de Apoyo a la NAMA de Transporte Urbano Sostenible-TRANSPerú\*, el apoyo brindado para la elaboración de este documento. Responsables de la publicación.” [Online]. Available: [www.mtc.gob.pe](http://www.mtc.gob.pe)
- [72] “manual-de-infraestructura-verde”.
- [73] A. Díaz Arteaga, *Política de gestión ambiental urbana*.
- [74] “PROYECTO DE LEY N° \_\_ DE 2021 CÁMARA.”
- [75] “Ley\_1931\_de\_2018”.
- [76] Á. I. Cadena Monroy, N. Quijano Silva, and M. Espinosa Valderrama, *Ciudades sostenibles: un enfoque de modelaje urbano integrado para el análisis de política en Colombia*. Ediciones UniAndes, 2022. doi: 10.51571/202202.
- [77] “informe-de-gestion-pot-2023”.
- [78] “Espacios públicos verdes urbanos en el Valle de Aburrá\_ un reto de conservaciónJan 06, 2023”.
- [79] “Proyecto\_de\_acuerdo-Plan-de-Desarrollo\_compressed”.
- [80] “Anteproyecto\_Plan\_Desarrollo\_2024\_2027\_29022024”.
- [81] “Inventario-de-Emissiones-Fuentes-Moviles-2022”.
- [82] “INFORME DE CIERRE SEGUNDO PERÍODO DE GESTIÓN DE EPISODIOS DE CALIDAD DE AIRE DE 2022 EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PM2.5 DURANTE EL MES DE OCTUBRE CONTENIDO.”
- [83] “ZapataJose\_2023\_ModeloCrecimientoParqueAutomotor”.
- [84] “PLAN DE ACCIÓN CLIMÁTICA”.
- [85] “PROYECTO-DE-ACUERDO-DEFINITIVO-2024-2027”.
- [86] “Conpes-3718-de-2012”.

- [87] “Programa Water as Leverage presenta 11 propuestas de soluciones sostenibles para Cartagena \_ Alcaldía distrital de Cartagena de Indias”.
- [88] “Informe Gestion General - EPA Cartagena - 1 jun 2022”.
- [89] G. Carballo *et al.*, “Comité CCV • Agradecimientos • • Comité Técnico •.”
- [90] D. Amar Flórez, “Estudios de casos internacionales de ciudades inteligentes Medellín, Colombia Sector de Instituciones para el Desarrollo División de Gestión Fiscal y Municipal DOCUMENTO PARA DISCUSIÓN N°,” 2016.
- [91] Medellín. Alcaldía., *Plan de desarrollo 2012 - 2015 : Medellín un hogar para la vida.* Alcaldía de Medellín, 2012.
- [92] L. Pineda, “PROYECTO CORPORACIÓN RUTA n MEDELLÍN PLAN ESTRATÉGICO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN DE MEDELLÍN 2011-2021.”
- [93] Dane, “Gestión Anual.”
- [94] “C A R T A G E N A D E I N D I A S. Cinco siglos de evolución urbanística [ 2 ].”

## ANEXOS

### ANEXO 1. Encuestas residentes

# Promoción de Infraestructuras Verdes mediante Políticas Públicas como base para la Sostenibilidad de Edificaciones y el Entorno Territorial en la ciudad de Medellín y Cartagena - Residentes

Encuesta para el desarrollo de Tesis de Maestría en Ciudades Inteligentes y Sostenibles desarrollada por Emilio Martínez Rivera y Josefina Sampayo Anaya. Esta encuesta tiene como objetivo conocer la percepción y conocimiento sobre la implementación de Infraestructuras Verdes en residentes de ciudades de Colombia. Muchas gracias por su participación, si desea mayor información sobre nuestro proyecto por favor escribir al correo [hover.martinez@urosario.edu.co](mailto:hover.martinez@urosario.edu.co) ó [josefina.sampayo@urosario.edu.co](mailto:josefina.sampayo@urosario.edu.co) .

---

This note can be read out loud



**370** Años  
Formando proyectos de vida  
al servicio del país

Escuela de ingeniería,  
Ciencia y Tecnología



Facultad de Estudios  
Internacionales,  
Políticos y Urbanos

---

¿En qué ciudad se encuentra ubicado?

- Cartagena
- Medellín
- Otra

Especifique su ciudad

---

Mencione su barrio

---

¿En qué estrato socioeconómico se encuentra su vivienda?

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- Otro

Especifique su estrato

---

¿Qué ocupación/profesión tiene?

- Ingeniero ambiental
- Arquitecto
- Ingeniero civil
- Administrador
- Abogado
- Medico
- Ama de casa
- Otro

Especifique su profesión

---

¿En que tipo de espacio reside?

- Edificio
- Conjunto Residencial

¿En qué nivel de piso se encuentra su apartamento en relación con el edificio?

- 1 a 5
- 5 a 10
- 10 a 15
- Más de 15

¿Conoce usted sobre la temática de infraestructuras verdes?

- Si
- No

Las infraestructuras verdes son instalaciones que incorporan vegetación en la cubierta o fachadas de edificaciones, ya sea mediante la plantación de vegetación directamente sobre la superficie o a través de sistemas modulares. Estas infraestructuras verdes ofrecen diversos beneficios, como mejorar la eficiencia energética, reducir la escorrentía pluvial, proporcionar aislamiento térmico, y contribuir a la biodiversidad urbana. Además, pueden tener aplicaciones estéticas y mejorar la calidad del aire al filtrar contaminantes. En resumen, son soluciones sostenibles que integran elementos naturales en la arquitectura urbana para promover beneficios ambientales y mejorar la calidad de vida.

---

This note can be read out loud



**¿Qué tan importante consideras la implementación de infraestructuras verdes en los edificios residenciales?**

- Muy importante
- Importante
- Neutral
- Poco importante
- No importante en absoluto

El costo de la implementación de una infraestructura verde en un edificio puede variar significativamente según diversos factores, como el tamaño del edificio, el tipo de sistema de techos verdes o paredes verdes, la selección de plantas, la ubicación geográfica, y la complejidad del diseño y la instalación. En general, los techos verdes pueden costar \$100.000 mil a \$250.000 mil por metro cuadrado, pero estos valores son estimados y pueden cambiar.

---

**¿Estarías dispuesto/a a pagar por gastos de instalación y mantenimiento por este tipo de infraestructura en tu edificio?**

- Sí, definitivamente
- Tal vez, dependiendo del costo
- No estoy seguro/a
- No sé

¿Qué tipo de infraestructuras verdes te gustaría ver implementadas en tu ciudad? (Selecciona todas las opciones que correspondan)

- Techos verdes: Estructuras que incorporan vegetación en la cubierta de edificaciones, ofreciendo beneficios como eficiencia energética, aislamiento térmico y contribución a la biodiversidad urbana.



- Paredes verdes: Instalaciones que presentan vegetación en las paredes de edificaciones, proporcionando beneficios estéticos, mejorando la calidad del aire y contribuyendo a la sostenibilidad urbana.



- Jardines internos: Espacios dentro de edificios dedicados a la vegetación y paisajismo, creando ambientes naturales que pueden mejorar la calidad del aire interior y ofrecer un entorno más agradable.



- Espacios comunitarios verdes: Áreas compartidas en comunidades urbanas diseñadas con vegetación, destinadas a la recreación y conexión social, promoviendo un entorno más saludable y sostenible para los residentes



- Humedales para tratamiento de aguas lluvias: Proceso natural y sostenible que implica el uso de humedales contruidos o artificiales para purificar las aguas pluviales contaminadas. Estos humedales actúan como sistemas de filtración biológica, donde las plantas acuáticas, microorganismos y el sustrato del suelo colaboran para eliminar contaminantes y mejorar la calidad del agua.



**¿Cuáles son los beneficios que usted considera que las áreas verdes y el arbolado en general aportan a la ciudad?**

- Ornamental: Se refiere a elementos o características diseñadas con el propósito principal de embellecer o decorar un área, sin necesariamente cumplir una función práctica más allá de lo estético. Pueden incluir elementos decorativos en jardines, parques o estructuras arquitectónicas.
- Regulación de temperatura: Hace referencia a medidas o características que contribuyen al control y equilibrio de la temperatura en un entorno. En el contexto urbano, esto podría implicar el uso de vegetación, sombreado o tecnologías específicas para mitigar el calor excesivo y crear un clima más confortable.
- Disminución de la contaminación: Se refiere a acciones o características destinadas a reducir la presencia de contaminantes en el entorno, ya sea del aire, agua o suelo. Esto puede incluir políticas ambientales, tecnologías limpias o la promoción de prácticas sostenibles.
- Sombra: Implica la presencia de áreas sombreadas que protegen del sol directo. La sombra puede ser proporcionada por árboles, estructuras arquitectónicas diseñadas para este fin o elementos urbanos que reduzcan la exposición directa a la luz solar.
- Biodiversidad urbana: Se refiere a la variedad de especies de plantas, animales y otros organismos que coexisten en un entorno urbano. Fomentar la biodiversidad en entornos urbanos implica la creación de hábitats adecuados y la promoción de ecosistemas saludables dentro de la ciudad.
- Reducción del impacto del cambio climático: Medidas para limitar las emisiones de gases de efecto invernadero, promover la adaptación a los cambios climáticos y construir resiliencia frente a los impactos futuros para proteger el medio ambiente, salvaguardar la salud y el bienestar de las comunidades humanas, preservar la biodiversidad y asegurar la estabilidad económica a largo plazo
- Otro

**Especifica que otro beneficio considera que aportan a la ciudad**

---

**¿Crees que la presencia de techos o fachadas verdes mejoraría la calidad de vida de los residentes?**

- Sí, creo que sí
- No, creo que no haría ninguna diferencia
- No estoy seguro/a

**¿Sabía usted, que la implementación de infraestructuras verdes mejoraría y aportarían al embellecimiento del entorno urbano?**

- Si  
 No

**¿Sabía usted, que la implementación de infraestructuras verdes aportaría a mitigar el cambio climático y regular temperatura del entorno?**

- Si  
 No

**¿Conoce de incentivos por parte de las autoridades locales para la construcción de infraestructuras verdes?**

- Si  
 No

¡Muchas gracias por su participación! En caso de requerir mayor información o conocer mas sobre nuestro proyecto de grado, por favor escribir al correo [hoover.martinez@urosario.edu.co](mailto:hoover.martinez@urosario.edu.co) ó [josefina.sampayo@urosario.edu.co](mailto:josefina.sampayo@urosario.edu.co)

---

Fuente: Esta investigación.

## ANEXO 2. Encuesta constructores

# Promoción de Infraestructuras Verdes mediante Políticas Públicas como base para la Sostenibilidad de Edificaciones y el Entorno Territorial en la ciudad de Medellín y Cartagena - Constructores

Encuesta para el desarrollo de Tesis de Maestría en Ciudades Inteligentes y Sostenibles desarrollada por Emilio Martínez Rivera y Josefina Sampayo Anaya. Esta encuesta tiene como objetivo conocer la percepción y conocimiento sobre la implementación de Infraestructuras Verdes de empresas constructoras en Colombia. Muchas gracias por su participación, si desea mayor información sobre nuestro proyecto por favor escribir al correo [hover.martinez@urosario.edu.co](mailto:hover.martinez@urosario.edu.co) ó [josefina.sampayo@urosario.edu.co](mailto:josefina.sampayo@urosario.edu.co).



Universidad del  
**Rosario**

**370** Años  
Formando proyectos de vida  
al servicio del país



Escuela de ingeniería,  
Ciencia y Tecnología

Facultad de Estudios  
Internacionales,  
Políticos y Urbanos

¿En qué ciudad presta sus servicios?

- Cartagena  
 Medellín  
 Otra

Especifique la ciudad

---

¿En cual de estas ciudades tiene su empresa la mayor experiencia en la construcción de infraestructuras verdes?

- Cartagena  
 Medellín  
 Otra

Especifique la ciudad

---

¿Por que considera que tiene mayor aceptación en el servicio de construcción de Infraestructuras Verdes esta ciudad?

---

**¿Cuántos años de experiencia tiene en la construcción de muros y fachadas verdes?**

- Muy experimentado/a: 10 proyectos o más de 10 proyectos.
- Experimentado/a: Entre 5 y 10 proyectos.
- Algo experimentado/a: Entre 2 y 5 proyectos.
- Poco experimentado/a: Menos de 2 proyectos.

**¿Qué tan frecuentemente reciben solicitudes de proyectos relacionados con infraestructuras verdes?**

- Regularmente: La organización recibe solicitudes de proyectos relacionados con infraestructuras verdes con una frecuencia consistente y predecible, indicando que esta temática es una parte habitual de sus actividades.
- Ocasionalmente: La organización recibe solicitudes de proyectos relacionados con infraestructuras verdes de vez en cuando, pero no de manera constante.
- Raramente: La organización recibe solicitudes de proyectos relacionados con infraestructuras verdes en contadas ocasiones, indicando que es algo poco común y que no constituye una parte significativa de sus actividades regulares.
- Nunca: La organización nunca recibe solicitudes de proyectos relacionados con infraestructuras verdes, lo que sugiere que esta temática no forma parte de sus proyectos actuales o que no han recibido solicitudes en este ámbito hasta el momento.

**¿Podría compartir algún proyecto exitoso llevado a cabo por su empresa en lo referente a infraestructuras verdes, y explicar qué factores considera que contribuyeron a su éxito?**

---

**Puede compartirnos fotos o archivos del proyecto**

Click here to upload file. (< 5MB)

**Indique el origen de los elementos constructivos que su empresa utiliza para instalar infraestructuras verdes**

- Fabricación nacional.
- Importados de otros países.
- Mixtos, tanto nacionales como importados.

**Los precios de la ejecución de proyectos de este tipo por metro cuadrado, ¿en qué valor oscilan?**

- Menos de \$500,000
- Entre \$500,000 y \$1,000,000
- Entre \$1,000,000 y \$2000,000
- Más de \$2,000,000

Fuente: Esta investigación

ANEXO 3. Encuesta entidades gubernamentales y organizaciones privadas

## Promoción de Infraestructuras Verdes mediante Políticas Públicas como base para la Sostenibilidad de Edificaciones y el Entorno Territorial en la ciudad de Medellín y Cartagena - Entidades Gubernamentales y Organizaciones Privadas.

Encuesta para el desarrollo de Tesis de Maestría en Ciudades Inteligentes y Sostenibles desarrollada por Emilio Martínez Rivera y Josefina Sampayo Anaya. Esta encuesta tiene como objetivo conocer la percepción y conocimiento sobre la implementación de Infraestructuras Verdes en Entidades Gubernamentales y Organizaciones Privadas. Muchas gracias por su participación, si desea mayor información sobre nuestro proyecto por favor escribir al correo [hover.martinez@urosario.edu.co](mailto:hover.martinez@urosario.edu.co) ó [josefina.sampayo@urosario.edu.co](mailto:josefina.sampayo@urosario.edu.co).

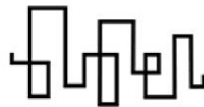
---

This note can be read out loud



**370** Años  
*Formando proyectos de vida  
al servicio del país*

Escuela de ingeniería,  
Ciencia y Tecnología



Facultad de Estudios  
Internacionales,  
Políticos y Urbanos

---

¿A que tipo de entidad pertenece?

- Público
- Privada

¿A qué entidad del gobierno pertenece?

---

¿A qué dependencia del gobierno pertenece?

---

Mencione el nombre de la organización a la que pertenece

---

**¿Qué estrategias está implementando su ciudad para la adaptación al cambio climático?**

- Desarrollo de infraestructuras verdes.
- Promoción de la movilidad sostenible, como el fomento del transporte público y el uso de bicicletas.
- Implementación de políticas de eficiencia energética en edificios públicos y privados.
- Creación de espacios verdes y áreas de recreación para mitigar el efecto de isla de calor urbano.
- Fortalecimiento de sistemas de alerta temprana y planes de emergencia para eventos climáticos extremos.
- Otro

Especifique que otra estrategia esta implementando frente al cambio climatico

---

**¿Tiene su ciudad políticas públicas, programas o normativas para la promoción de infraestructuras verdes?**

- Si
- No

¿Cuales son?

---

**¿Qué nivel de prioridad le asigna su organización a la promoción de políticas públicas para infraestructuras verdes y proyectos sostenibles?**

- Muy alta prioridad
- Alta prioridad
- Prioridad media
- Baja prioridad
- No es una prioridad en absoluto

**¿Qué tipo de políticas públicas considera más efectivas para promover infraestructuras verdes?**

- Incentivos financieros para proyectos sostenibles
- Regulaciones más estrictas en cuanto a estándares de sostenibilidad
- Programas de capacitación y educación para profesionales del sector
- Colaboraciones público-privadas en proyectos de infraestructura verde
- Otra

Especifique que tipo de politica considera mas efectiva

---

**¿Conoce algún caso de éxito referente a Infraestructuras Verdes en Colombia?**

- Si
- No

Explicar por qué lo considera exitoso

---

¿Cuáles considera que son los mayores obstáculos para la implementación efectiva de políticas públicas en este ámbito?

- Falta de financiamiento
- Resistencia política
- Falta de apoyo público
- Complejidad técnica
- Desconocimiento público
- Otro

Especifique los mayores obstáculos para la implementación de políticas publicas

---

¿Cómo podría su organización colaborar con otras entidades para impulsar la adopción de políticas públicas pro-sostenibilidad?

- Creando alianzas con el sector privado y la sociedad civil
- Estableciendo colaboraciones entre el gobierno y la sociedad civil
- Organizando eventos y conferencias sobre infraestructura verde
- Desarrollando programas de subvenciones o financiamiento para proyectos sostenibles
- Abogando por cambios legislativos a favor de la sostenibilidad
- Liderando con el ejemplo mediante la instalación de infraestructuras verdes en edificios gubernamentales
- Otro

Especifique su respuesta

---

¡Muchas gracias por su participación! En caso de requerir mayor información o conocer mas sobre nuestro proyecto de grado, por favor escribir al correo [hover.martinez@urosario.edu.co](mailto:hover.martinez@urosario.edu.co) ó [josefina.sampayo@urosario.edu.co](mailto:josefina.sampayo@urosario.edu.co)

---

Fuente: Esta investigación

#### ANEXO 4. Entrevista Laure Ludecau

**Entrevistador:** ¿En qué casos está trabajando?

**Laure:** Hemos documentado unos proyectos de edificios que hicieron sobre un río canalizado, lo pusieron de nuevo al aire haciendo como todo un trabajo para que drenara y se pudiera expandir, que pudiera servir también para tener más el cauce natural dejándolo libre. También conozco un caso en el que había un río que había sido canalizado con diques y rocas enormes para que no se desbordara, un día llegó 1,50m de altura el agua donde se iba a construir un barrio, no aceptó y entonces todo este espacio que quedaba libre por construir quitaron las rocas, los diques y crearon terrazas que se podrían inundar poco a poco y cada vez que el agua llegaba a una terraza como había más espacio el agua se expandía y esto permitió bajar el nivel de la inundación. Además, hicieron todo un trabajo en la vegetación restaurando el caudal, las curvas del de río y pusieron en una parte una técnica basada en la naturaleza con ramas vegetales o enramado así vegetal que permitía ralentizar el flujo de agua y también para la biodiversidad era bueno porque no era algo construido de concreto, sino que permitía la pequeña fauna pasar por allá.

Hay un tipo de inundación que es la inundación pluvial, la lluvia que cae en el asfalto y toda la ciudad se llena, el hecho de tener techos verdes y de recolectar el agua en el edificio es super clave. Por ejemplo, acá en Francia tenemos la obligación cuando construimos un edificio de no echar ninguna agua de lluvia en la red de la ciudad o sea tenemos la obligación de filtrar o guardarla siendo una mínima parte que podemos echar.

Francia es un país con mucha reglamentación, tenemos la obligación de no echar esta agua en la red pública, pero no es por esto por lo que la podamos usar fácilmente, normalmente se infiltra en pozos para no recargar la red pública. Tampoco se obtiene alguna ayuda financiera por parte del estado para crear pozos o tanques de recolección de aguas lluvias.

**Entrevistador:** Aquí en Colombia estuvimos leyendo para la escritura de la tesis, en la Cámara de Representantes está un artículo que aún no se ha discutido y es justo que haya esa promoción desde lo público para que se empiece a ejecutar en los hogares y lo que se busca también es que de igual manera el estado acompañe en ese proceso de construcción de ideación y demás para que efectivamente se empiece a crear en los hogares.

**Laure:** En mi ciudad (Toulouse) hicieron un proyecto que ha sido aprobado por Francia y la Unión Europea, se trata de hacer un parque enorme quitando unos edificios que existían ahí en una isla totalmente inundable para hacer un pulmón verde que pueda reducir la temperatura de esta zona de 4°C puesto que esta ciudad (Toulouse) está en el sur de Francia, se dice que en 2050 tendremos el clima no del Sahara, pero de una zona del norte de África. Así que están haciendo eso y estoy segura de que en el POT de Toulouse pusieron una prioridad de hacer algo para la calidad de vida y justamente se pueda primero gestionar mejor las aguas de lluvia porque se puede llenar la ciudad. Esto va de la mano con el hecho de tener más cunetas verdes plantadas que también te permiten reducir la temperatura y tener una calidad de vida mejor. También pusieron una política de ciudad en la que cada uno tiene que ver tantos árboles desde su ventana.

Quizás es una nueva ley que es un debate nacional y el objetivo para 2050 es llegar a cero desertificaciones, no tendremos derecho a construir nada más y no se tendrá ninguna licencia más, solo se podrán renovar las que existen. Esto es debido a que tenemos muchos pueblos viejos que están medio abandonados. Todo el mundo construye una casa horrible al lado y las ciudades se desequilibran habiendo mucho que renovar. Se necesita conservar las tierras agrícolas, las selvas que tenemos y vamos a construir las ciudades encima de las ciudades para no siempre consumir más y dejar tirado lo que existe. Esto es bueno, es un poco alejado del tema de las infraestructuras verdes, pero es para que vean que sí hay lineamientos del estado de manera general

Hay que pensarlo en contexto histórico, Francia tuvo muchas industrias en un momento y ahora no, y tiene edificios gigantescos de miles de miles de m<sup>2</sup> que están abandonados, estos por ejemplo están siendo renovados. Hay cosas chéveres que se hacen, pero tenemos muchos pueblitos también que no cumplen con las normas de calidad de vida porque eran pueblos medievales con poquitas ventanas y sin espacio exterior. Entonces tenemos mucho espacio construido y poco habitado.

Colombia es tres o cinco veces más grande que Francia y somos 20 millones más que ustedes, es decir, somos mucho más concentrados, no tanto como Líbano que están super pegados, pero hay pueblos o ciudades que se pegaron y se construyeron que ahora son casi una.

**Entrevistador:** ¿Qué papel pueden jugar las políticas públicas?

**Laure:** El papel que pueden jugar como tal es enorme, porque como decía ahorita pueden dar beneficios financieros, dar medidas y promocionar. El impacto que pueden tener realmente puede

ser muy grande, por ejemplo, lo de separar la basura o de dejar de fumar en espacios públicos, es decir, yo cuando nació se podía fumar en los restaurantes y bares, todo el mundo tiraba basura en cada lugar, nadie se ponía el cinturón en el carro y ahora todo esto ha sido obligatorio, yo crecí con campañas públicas en la tele, en la radio, en el espacio público diciendo, por ejemplo, que está totalmente prohibido tomar alcohol al manejar y pues mis papás hacían locuras y ahora nosotros no porque tuvimos estas campañas de comunicación del Estado.

**Entrevistador:** ¿Cuál es el impacto potencial de las estructuras verdes?

**Laure:** Primero reduce el riesgo de inundación y el de sequía, mejora la calidad de vida, el efecto de isla de calor urbano, lo visual, la conexión con la naturaleza, la educación a la biodiversidad a los niños, sombra, pulmón grande, entre otras

#### ANEXO 5. Entrevista Javier Sabogal

**Entrevistador:** ¿Cómo podemos garantizar la durabilidad y el mantenimiento adecuado en las cubiertas y fachadas verdes, considerando tanto su aspecto estético como los desafíos prácticos que conllevan?

**Javier:** Hay una cosa muy importante y chévere que también ustedes lo cojan desde la academia porque a mí también desde la academia me toca aprender mucho el día a día, uno sigue vendiendo productos y servicios, pero con una línea ya más sostenible, a uno le toca también primero educar y después vender un producto. Estamos dados como clientes que si tú me vendes un servicio él me tiene que funcionar sí o sí y ya, independientemente si es un ser vivo o inerte. Cuando se ofrece este tipo de sistemas verdes, son seres vivos por lo que todo se enfoca en que toda la estructura se destine para estos seres vivos, pero va a haber un punto que la planta te va a crecer mucho si no le haces un debido mantenimiento o sencillamente un porcentaje de las plantas se puede morir.

Ahí nosotros cuando vendemos por ejemplo un sistema de muro de muros verdes le decimos “Mira si se te muere el 10% de las plantas eso lo cubre nuestro mantenimiento que está dentro del dentro del contrato”, porque sabemos muy bien que siempre se va a morir unas cinco plantitas, siete plantitas a veces un porcentaje importante para ahí unas 50 plantas si ya es un poquito más grande, porque no todas se van a estabilizar como las demás. También les enseñamos que no es solo comprar, sino que también es mantener esos sistemas puesto que estos sistemas necesitan un

mantenimiento porque son seres vivos, necesitan nutrientes, unos fungicidas importantes para que las plagas no lo ataquen, entre otros. Por ejemplo, el último mantenimiento lo hicimos la semana pasada aquí en Santa Marta y va a comenzar el invierno, entonces cuando comienza el invierno hay mucha probabilidad de que surja un caracol africano en la región, y estos caracoles sencillamente se van comiendo las raíces de las plantitas en las cubiertas verdes y hacen grandes daños. Todas estas plagas hay que controlarlas con sus debidos procesos y metodologías.

También hay edificios nuevos y veo muros verdes artificiales, que se ven muy bonitos siendo otra técnica y opción que seguramente optaron por no hacer un mantenimiento en la fachada y seguramente les saldrá un poco más económico, pero creo que hay que ir un poco más allá. Hay que realmente enseñarle más que todo a los consumidores y constructoras que son los primeros clientes que si no invierten en temas de conservación, si no invierten en esas infraestructura verde y complejos constructivos pues sencillamente los habitantes van a tener espacios de cemento y plásticos verdes porque pues esos son los muros sintéticos.

**Entrevistador:** ¿Cuáles consideras tú de pronto que son los desafíos que se están enfrentando al momento de trabajar como tal en temas y proyectos enfocados en infraestructuras verdes?

**Javier:** Nosotros siempre hemos creído y estamos totalmente seguros de que el gran desafío es el desconocimiento, cuando ya el consumidor conozca realmente no solo en muros y cubiertas verdes porque nosotros instalamos también paneles solares y sistemas de agua lluvia. Cuando ya en realidad los consumidores tengan realmente ese conocimiento del por qué un panel solar ahorita le puede costar una millonada y tenga el conocimiento de cuánto se puede ahorrar en cinco o en siete años de acuerdo con ese retorno de inversión, va a cambiar el chip. Lo mismo pasa con los muros verdes, cuando ya el consumidor tenga el conocimiento pleno de qué pasa interiormente en los espacios si tienes un muro verde en la fachada, qué pasa con ese confort, qué pasa con esa termicidad en calor o en frío y qué pasa con el ruido. Hemos instalado muros donde hay al frente una vía arterial y el ruido se disminuye casi en un 60%, todo ese impacto ambiental, hay que enseñarlo y hay que decirles el por qué. Por eso a veces también es complicado vender conservación ecológica, porque el mismo consumidor piensa que la sostenibilidad es costosa y posiblemente ese mismo desconocimiento hace que no vea esos retornos de inversión en cuanto paneles solares, cubiertas verdes y en toda la infraestructura que esto demanda.

Si no enseñamos al consumidor, no retiene y no ve la importancia y más allá de que consuma el servicio el producto es que vea realmente el por qué sí, porque hay muchos sistemas verdes que son muy muy fáciles de instalar

Por ejemplo, hoy hay también mucho desconocimiento de los paneles solares. Un panel fotovoltaico simplemente lo pides por Ali Baba o alguno de estos portales y te llega todo el producto y es tan fácil instalarlo que a veces el consumidor piensa que es tan complejo y no lo lleva.

**Entrevistador:** Encontramos que hay una ley en la cámara de representantes que no ha entrado a discusión donde buscan promocionar estos espacios verdes a nivel nacional. Ustedes que trabajan con estos temas y más involucrado económicamente porque quizás es el Core de tu empresa donde estás trabajando, en qué les aportaría esto como empresa privada que les falta ese apoyo gubernamental o decir no igual estamos andando bien.

**Javier:** Claro, el apoyo gubernamental en cuanto a leyes y decretos es fundamental porque lo que yo te digo es que hay que hacerles una campaña de vida para que realmente fluya. Yo siempre he dicho que un decreto cuando sacan una ley hay que hacerle una campaña.